

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет прикладної математики

Кафедра програмного забезпечення комп'ютерних систем

«На правах рукопису»
УДК 681.3.01

«До захисту допущено»

Науковий керівник кафедри

_____ Іван ДИЧКА

«__» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

**«Інженерія програмного забезпечення комп'ютерних
та інформаційно-пошукових систем»**

зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення

**на тему: «Спосіб та програмне забезпечення оптимізації автоматизованого
технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют»**

Виконала:

студентка II курсу, групи КП-91мп

Голяченко Анастасія Миколаївна _____

Керівник:

Ст. викладач кафедри ПЗКС, к.т.н.,

Люшенко Леся Анатоліївна _____

Консультант з нормоконтролю:

Доцент кафедри ПЗКС, к.т.н., доцент

Онай Микола Володимирович _____

Рецензент:

Доцент кафедри ММСА ІПСА, к.ф.-м.н., доцент,

Шубенкова Ірина Анатоліївна _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студентка _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет прикладної математики

Кафедра програмного забезпечення комп'ютерних систем

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 121 «Інженерія програмного забезпечення»

Освітньо-професійна програма «Інженерія програмного забезпечення
комп'ютерних та інформаційно-пошукових систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Науковий керівник кафедри

_____ Іван ДИЧКА

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студентці

Голяченко Анастасії Миколаївні

1. Тема дисертації «Спосіб та програмне забезпечення оптимізації автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют», науковий керівник дисертації Люшенко Леся Анатоліївна, ст. викладач, к.т.н., затверджена наказом по університету від «12» листопада 2020 р. № 3298-С.
2. Термін подання студентом дисертації «11» грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження: способи автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют.
4. Предмет дослідження: оптимізація автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 - проведення аналізу існуючих автоматизованих способів технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют та виявлення їх недоліків;
 - розроблення оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют із урахуванням особливостей вхідних даних та знайдених недоліків у існуючих способах;
 - реалізація і тестування розробленого способу та програмного забезпечення;
 - проведення аналізу отриманих результатів;
 - побудова бізнес-моделі.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:
 - загальна схема процесу обробки даних в рамках ітерації;
 - схема роботи процесу визначення достовірності отриманих даних про курс на криптовалютному ринку;

- загальна архітектура розробленого програмного забезпечення;
- схема бази даних;
- дерево проблем.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

- Стаття «Optimization of the Method of Technical Analysis of Cryptocurrency Price Differences Movements» - Scopus;
- Тези доповіді «Модифікований спосіб збору та аналізу динаміки цін із криптовалютного ринку».

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Онай М. В., доцент кафедри ПЗКС		

9. Дата видачі завдання «04» жовтня 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Грунтовне ознайомлення з предметною галуззю	17.10.2019	
2.	Визначення структури магістерської дисертації; вивчення літератури, пошук додаткової літератури, патентний пошук	04.12.2019	
3.	Робота над першим розділом магістерської дисертації; проведення наукового дослідження	15.02.2020	
4.	Проведення наукового дослідження; робота над другим розділом магістерської дисертації; розроблення програмного забезпечення	05.04.2020	
5.	Проведення наукового дослідження; робота над статтею за результатами наукового дослідження	15.05.2020	
6.	Проведення наукового дослідження; робота над третім розділом магістерської дисертації	15.06.2020	
7.	Завершення роботи над основною частиною магістерської дисертації; підготовка ілюстративного матеріалу; підготовка матеріалів доповіді на конференції ПМК-2020	05.11.2020	
8.	Оформлення текстової і графічної частини магістерської дисертації	04.12.2020	

Студентка

Анастасія ГОЛЯЧЕНКО

Науковий керівник

Леся ЛЮШЕНКО

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. За останні декілька років ринок криптовалюти значно розширився. Постійно з'являються нові криптовалюти та біржі, на яких вони можуть бути розміщені та розміняні. Відповідно до цього з кожним днем їх кількість збільшується відповідно до об'ємів інформації, яку потрібно обробляти у режимі онлайн для отримання своєчасних прогнозів курсу криптовалюти.

Тому розробка оптимізованого способу та відповідного програмного забезпечення автоматизованого технічного аналізу та прогнозування є актуальною та має практичне застосування.

Об'єктом дослідження є способи автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют.

Предметом дослідження є оптимізація автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют.

Мета дослідження полягає у розробці оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалюти для підвищення показника точності прогнозування з мінімальними часовими затримками, та програмного забезпечення, що його реалізує.

Методи дослідження. В роботі використовуються методи оптимізації, методи верифікації даних, методи технічного аналізу, методи прогнозування.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

1. Розроблено спосіб збору та верифікації отриманих даних із криптовалютних бірж із урахуванням особливостей цих даних, а саме: обрання стабільних бірж для встановлення зв'язку, встановлення фіксованого часового проміжку для оновлення даних про курс криптовалюти та синхронізація цих даних.

2. Запропоновано спосіб обробки та аналізу отриманих даних для виключення недостовірних даних, що могли бути згенеровані зі спекулятивними цілями біржею, а також фіксування моменту, коли відбувається різкий стрибок курсу криптовалюти, що використовується у подальшому прогнозуванні.

3. Запропоновано спосіб оптимізації використання класу моделей ARIMA для прогнозування. Оскільки дані моделі не надають якісного прогнозування у випадку наявності стрімких стрибків курсу криптовалюти, розроблений спосіб у разі необхідності враховує раніше зафіксовану інформацію про стрибок та використовує її для створення прогнозування замість використання класу моделей ARIMA.

Практична цінність отриманих в роботі результатів полягає в тому, що запропонований спосіб допомагає отримати цілісну картину про курс криптовалюти ще на етапі збору та синхронізації даних із різних криптовалютних бірж у режимі реального часу. Також під час обробки та аналізу отриманих значень виключаються недостовірні значення, що були згенеровані зі спекулятивною метою певними біржами. На даному етапі також при необхідності фіксується сигнал про наявність різких стрибків курсу криптовалюти, що використовується у подальшому прогнозуванні. Також запропонований оптимізований спосіб використання класу моделей ARIMA для прогнозування у моменти наявності різких стрибків курсу показав себе як більш точний у прогнозуванні, ніж класичний спосіб без попередньої обробки даних із постійним використанням моделі ARIMA для прогнозування. При цьому були виявлені мінімальні часові затримки, що є незначними при роботі даного способу.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи були представлені та обговорювались на:

- XII науковій конференції магістрантів та аспірантів «Прикладна математика та комп'ютинг» ПМК-2020 (Київ, 18-20 листопада 2020 р.).
- Lyushenko L., Holiachenko A. Optimization of the Method of Technical Analysis of Cryptocurrency Price Differences Movements. Computer Science, Engineering and Education Applications. 2019. Vol. 1. P. 388-397.

Структура та обсяг роботи. Магістерська дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків та додатків.

У вступі надано загальну характеристику роботи, виконано оцінку сучасного стану проблеми, обґрунтовано актуальність напрямку досліджень, сформульовано мету і задачі досліджень, показано наукову новизну отриманих результатів і практичну цінність роботи, наведено відомості про апробацію результатів і їх впровадження.

У першому розділі розглянуто існуючі рішення та способи технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют; виявлено фактори, що впливають на точність прогнозування; сформовано головні вимоги до розроблюваного оптимізованого способу та відповідного програмного забезпечення автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют.

У другому розділі детально обґрунтовано та викладено розроблений оптимізований спосіб. Було розглянуто такі етапи як: збір та верифікація даних, обробка та аналіз отриманих даних, прогнозування даних.

У третьому розділі було представлено особливості реалізації розробленого програмного забезпечення, що реалізує запропонований спосіб; описано архітектуру розробленого програмного забезпечення; організацію взаємозв'язку із обраною СКБД; схему бази даних із

відповідними таблицями та зв'язками між ними; деталізовано усі процеси, що відбуваються на кожному із вищезазначених етапів; вказано застосовані додаткові бібліотеки.

У четвертому розділі було наведено критерії оцінки розробленого оптимізованого способу і продемонстровано ефективність його роботи у порівнянні із класичним використанням моделі ARIMA. Також було детально розглянуто процеси тестування у кожному із модулів розробленого програмного забезпечення; процес обробки помилок; рекомендовано подальші вдосконалення.

У п'ятому розділі було проведено аналіз існуючого криптовалютного ринку, виявлено проблеми та відповідно створено дерево проблем. Також було визначено зацікавлені сторони; сформовано комерційне рішення із основними характеристиками кінцевого продукту та його конкурентними перевагами; визначено унікальну ціннісну пропозицію; проведено аналіз майбутніх клієнтів; досліджено сегменти ринку споживання; створено бізнес-модель.

У висновках проаналізовано отримані результати роботи.

У додатках наведено загальну схему процесу обробки даних в рамках ітерації, схему роботи процесу визначення достовірності отриманих даних про курс на криптовалютному ринку, загальну архітектуру розробленого програмного забезпечення, схему бази даних, дерево проблем.

Робота виконана на 129 аркушах, містить 3 додатки та посилання на список використаних літературних джерел з 22 найменувань. У роботі наведено 9 рисунків та 12 таблиць.

Ключові слова: спосіб оптимізації, технічний аналіз, прогнозування курсу криптовалют.

ABSTRACT

Theme urgency. Over the past few years, the cryptocurrency market has expanded significantly. New cryptocurrencies and exchanges are constantly appearing, on which they can be placed and exchanged. Accordingly, their number increases day by day according to the amount of information that needs to be processed online to obtain timely forecasts of the cryptocurrency rate.

Therefore, the development of an optimized method and appropriate software for automated technical analysis and forecasting is relevant and has practical application.

Object of research are the methods of automated technical analysis and forecasting of cryptocurrency exchange rates.

Subject of research is the optimization of automated technical analysis and forecasting of cryptocurrency exchange rate

Research objective is to develop an optimized method of automated technical analysis and forecasting of the cryptocurrency rate to improve the accuracy of forecasting with minimal time delays, and software that implements it.

Research methods. The optimization methods, data verification methods, technical analysis methods, forecasting methods.

Scientific novelty consists in the following:

1. The method has been developed to collect and verify the data obtained from cryptocurrency exchanges, taking into account the features of this data, namely: selection of stable exchanges for communication, setting a fixed time interval for updating cryptocurrency exchange rate data and synchronizing this data.

2. The method of processing and analyzing the obtained data to exclude inaccurate data that could be generated for speculative purposes by the

exchange, as well as to record the moment when there is a sharp jump in the cryptocurrency rate used in further forecasting.

3. The method for the use optimization of the ARIMA model class for forecasting is proposed. Because these models do not provide quality prediction in the event of rapid jumps in the cryptocurrency rate, the developed method, if necessary, takes into account previously recorded information about the jump and uses it to create predictions instead of using the ARIMA model class.

Practical value of the obtained results consists in the following: the proposed method helps to get a holistic picture of the cryptocurrency rate at the stage of collecting and synchronizing data from different cryptocurrency exchanges in real time. Also, during the processing and analysis of the obtained values, inaccurate values generated for speculative purposes by certain exchanges are excluded. At this stage, if necessary, also signals the presence of sharp jumps in the cryptocurrency rate, which is used in further forecasting. Also, the proposed optimized method of using the class of ARIMA models for forecasting in the presence of sharp jumps in the course proved to be more accurate in forecasting than the classical method without pre-processing data with constant use of the ARIMA model for forecasting. At the same time the minimum time delays which are insignificant at work of this method were revealed.

Approbation. The basic points and outcomes of the research have been presented and discussed at the:

- 12th scientific conference for students and postgraduates «Applied mathematics and computing» PMK-2020 (Kyiv, November 18-20, 2020);
- Lyushenko L., Holiachenko A. Optimization of the Method of Technical Analysis of Cryptocurrency Price Differences Movements. Computer Science, Engineering and Education Applications. 2019. Vol. 1. P. 388-397.

Structure and content of the thesis. The master thesis consists of the introduction, five chapters, conclusions and appendixes.

The introduction presents the general description of the research, gives the overview on a current state of the scientific problem, explains the research topicality, formulates the objective and tasks of the research, shows both scientific novelty of the obtained results and practical value of the fulfilled research, gives information about the results of approbation and implementation.

In the first chapter the existing solutions and methods of technical analysis and forecasting of the cryptocurrency exchange rate are considered; the factors influencing quality of forecasts are revealed; the main requirements to the developed optimized method and the corresponding software of the automated technical analysis and forecasting of a cryptocurrency rate are formed.

In the second chapter the developed optimized method is substantiated in detail and stated. The following stages were considered: data collection and verification, processing and analysis of the obtained data, data forecasting.

In the third chapter the features of realization of the developed software realizing the offered way were presented; the architecture of the developed software is described; organization of communication with the selected DBMS; database schema with corresponding tables and relationships between them; all the processes that take place at each of the above stages are detailed; the applied additional libraries are specified.

In the fourth chapter the criteria for evaluating the developed optimized method were presented and the efficiency of its operation in comparison with the classical use of the ARIMA model was demonstrated. The testing processes in each of the modules of the developed software were also considered in detail; error handling process; further improvements are recommended.

In the fifth chapter an analysis of the existing cryptocurrency market was carried out, problems were identified and a problem tree was created accordingly. Stakeholders were also identified; formed a commercial solution

with the main characteristics of the final product and its competitive advantages; identified a unique value proposition; the analysis of future clients is carried out; consumer market segments are studied; business model created.

In the conclusions the general conclusions on the presented thesis are given; the obtained results are analyzed.

In the appendixes the general scheme of the data processing process within the iteration is presented, the scheme of the process of determining the reliability of the obtained data on the exchange rate in the cryptocurrency market is shown, the general architecture of the developed software, the database scheme and the problem tree are presented.

The thesis is presented in 129 pages, it contains 3 appendixes and 22 references to the used information sources. 9 figures and 12 tables are given in the thesis.

Key words: optimization method, technical analysis, cryptocurrency exchange rate forecasting.

ЗМІСТ

СПИСОК ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ	9
1.1. Загальні положення та аналіз предметної області.....	9
1.2. Існуючі способи збору, верифікації вхідних даних та прогнозування курсу криптовалют	10
1.3. Аналіз існуючих рішень на ринку криптовалют	14
1.4. Висновки до розділу	17
2. СПОСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ.....	19
2.1. Збір та верифікація вхідних даних для прогнозування курсу криптовалют	19
2.2. Спосіб обробки та аналізу отриманих даних	23
2.3. Оптимізований спосіб прогнозування курсу криптовалют	28
2.5. Висновки до розділу	35
3. ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗІ СПОСОБОМ ОПТИМІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ	37
3.1. Архітектура програмного забезпечення	37
3.2. Модуль збору даних.....	44
3.3. Модуль обробки та аналізу даних	45
3.4. Модуль прогнозування	47
3.5. Висновки до розділу	49

4. АНАЛІЗ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	50
4.1. Критерії оцінки та аналіз ефективності оптимізованого способу ...	50
4.2. Тестування та аналіз розробленого програмного забезпечення	54
4.3. Вдосконалення розробленого програмного забезпечення	57
4.4. Висновки до розділу	58
5. ПОБУДОВА БІЗНЕС-МОДЕЛІ	60
5.1. Опис проблеми	60
5.2. Зацікавлені сторони	62
5.3. Комерційне рішення. Основні характеристики	63
5.4. Конкурентні переваги рішення.....	64
5.5. Клієнти. Сегменти ринку споживання.....	66
5.6. Унікальна ціннісна пропозиція.....	68
5.7. Доходи і витрати	69
5.8. Бізнес-модель.....	71
5.9. Висновки до розділу	74
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
ДОДАТКИ.....	81

СПИСОК ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

- Архітектура ПЗ (англ. software architecture) – структура, що містить елементи програмного забезпечення, взаємозв'язки між ними та властивості цих елементів та взаємозв'язків між ними.
- БД (англ. database) – *база даних* – організована колекція даних та зв'язків між ними, що дозволяє зберігати їх та мати доступ до них у електронному форматі.
- Криптовалютна біржа (англ. cryptocurrency exchange) – веб-платформа, що пропонує клієнтам послуги щодо обміну цифрової валюти (криптовалюти) на інші активи, включаючи національні валюти та інші цифрові валюти.
- Криптотрейдер (англ. cryptocurrency trader) – людина, що професійно займається обміном криптовалюти в цілях отримати матеріальну вигоду.
- Криптобот (англ. cryptocurrency bot) – програмне забезпечення, що автоматизує процес роботи криптовалютного трейдера повністю або частково.
- ПЗ (англ. software) – *програмне забезпечення* – програма або сукупність програм, що використовуються для управління комп'ютером.
- Фреймворк (англ. framework) – це каркас або шаблон, що використовується для полегшення та прискорення розроблення програмного забезпечення та об'єднання різних модулів всередині проекту. Він визначає структуру програми.
- СКБД (англ. Database Management System) – *система керування базами даних* – представляє собою організовану сукупність програмних та лінгвістичних даних (схеми, таблиці, запити, звіти, перегляди, тощо). Це програма, що дозволяє взаємодіяти із базами даних як абстрактним об'єктом.

API (англ. Application Programming Interface) – *програмний інтерфейс застосунку* – інтерфейс, який містить опис способів для організації взаємодії між декількома посередниками програмного забезпечення. Він визначає види запитів, типи даних, структури, тощо.

Bootstrap – бібліотека із програмним кодом, що надає інструментарій для створення сайтів та веб-застосунків. Включає в себе HTML- та CSS-шаблони, веб-форми, кнопки, мітки, блоки навігації та інші компоненти веб-інтерфейсу, включаючи JavaScript-розширення.

CSS (англ. Cascading Style Sheets) – *каскадні таблиці стилів* – формальна мова, що застосовується для опису зовнішнього вигляду документа (веб-сторінки), написаний із використанням мов розмітки. Може застосовуватися до XML-документу.

Django – вільний фреймворк для веб-додатків на мові Python, що використовує шаблон проектування MVC.

HTML (англ. HyperText Markup Language) – *мова гіпертекстової розмітки* – стандартна мова розмітки документів, призначених для відображення у веб-браузері. Разом із ним використовуються такі технології, як каскадні таблиці стилів (CSS) та мови сценаріїв (JavaScript.)

MVC (англ. Model-View-Controller) – *модель-представлення-контролер* – шаблон дизайну програмного забезпечення, який зазвичай використовується для розробки користувацьких інтерфейсів, що розділяє відповідну логіку програми на три взаємопов'язані елементи.

ORM (англ. Object-relational mapping) – *об'єктно-реляційна проекція* – технологія програмування, що здійснює перетворення даних між системами несумісного типу за допомогою об'єктно-орієнтованих мов програмування.

SQL (англ. Structured Query Language) – *мова структурованих запитів* – мова, що використовується в програмуванні і призначена для управління даними, що зберігаються в реляційній системі керування базами даних (РСКБД).

XML (англ. eXtensible Markup Language) – *розширювана мова розмітки* – мова розмітки, що визначає набір правил для створення документів у форматі, який читається як людиною, так і машиною.

WebSocket – це комп'ютерний протокол зв'язку, що забезпечує двосторонні канали зв'язку через єдине TCP-з'єднання.

ВСТУП

За останні роки ринок цифрової валюти отримав широкий розголос та стрімке зростання. Після прориву курсу на Bitcoin у 2017 році (курс виріс приблизно на 9984% за 2 роки) криптовалютні біржі почали працювати із іншими криптовалютами також. З кожним днем їх кількість збільшується відповідно до об'ємів інформації, яку потрібно обробляти у режимі онлайн [1-3].

Існує два основних підходи до роботи із цими даними: вручну або автоматизованими способами:

- професійні криптотрейдери щодня займаються цим вручну, що створює значні затримки у процесі прогнозування і відповідно виконання самих фінансових операцій. У випадку роботи із криптовалютними біржами це може призводити до втрати значної частини прибутку;
- веб-платформи, що надають у користування своє програмне забезпечення, яке виконує автоматизований аналіз та прогнозування. Значним недоліком таких веб-платформ є те, що користувач не може скористатися безкоштовною пробною версією. Окрім того, виникають значні часові затримки, що впливають на зменшення ефективності використання подібних веб-платформ [4].

Таким чином, актуальним є створення оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют, що дозволить підвищити якість прогнозувань із мінімізованими часовими затримками у порівнянні із існуючими способами.

Отже, об'єктом дослідження в даній роботі є способи автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют.

Предметом дослідження є оптимізація автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют.

Мета даної магістерської дисертації полягає у розробці оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалюти для підвищення показника точності прогнозування з мінімальними часовими затримками, та програмного забезпечення, що його реалізує.

Відповідно до мети даної роботи були поставлені та розв’язані такі задачі:

- проведення аналізу існуючих автоматизованих способів технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют та виявлення їх недоліків;
- розроблення оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют із урахуванням особливостей вхідних даних та знайдених недоліків у існуючих способах;
- реалізація і тестування розробленого способу та програмного забезпечення;
- проведення аналізу отриманих результатів;
- побудова бізнес-моделі.

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

1.1. Загальні положення та аналіз предметної області

На сьогоднішній день можна виділити таких основних учасників ринку аналізу та прогнозування курсу криптовалюти, які надають консалтингові послуги, а саме:

1. Централізовані криптовалютні біржі, що виступають посередником при обміні криптовалютами. Вони зазвичай мають найманий відділ із професійними трейдерами, що роблять як довгострокові, так і короткострокові прогнози, використовуючи різні веб-платформи.
2. Веб-платформи, що надають у користування програмне забезпечення своїм клієнтам (непрофесійним трейдерам, бізнесменам) за рахунок придбання підписки.
3. Індивідуальні професійні трейдери або групи із ними, що продають свої прогнози онлайн [5].

Надаючи послуги, кожен із учасників допускає суттєві системні недоліки у своїй роботі (див. табл. 1).

Таблиця 1

Недоліки основних учасників ринку аналізу та прогнозування курсу криптовалют

Учасники ринку	Основні недоліки
Централізовані криптовалютні біржі	<ul style="list-style-type: none">– не відомі критерії прогнозування;– висока вартість прогнозів;– значні часові затримки.
Веб-платформи, що надають у користування програмне забезпечення	<ul style="list-style-type: none">– неможливість скористатися пробною безкоштовною версією;– невідомий реальний показник вірогідності прогнозувань.

Індивідуальні професійні трейдери або групи із ними	<ul style="list-style-type: none"> – високий людський фактор; – невідомий рівень кваліфікації трейдерів.
---	--

Виходячи із вищезазначеного, виникає потреба в розробці способу та відповідного програмного забезпечення оптимізації автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют, що містить:

- верифікацію вхідних даних для прогнозування;
- прогнозування курсу криптовалют.

Таке програмне забезпечення повинно працювати в режимі реального часу. Період оновлення даних з курсу криптовалют дорівнює 60 секунд. В зв'язку з цим актуальними є дослідження з визначенням періоду прогнозування та способу прогнозування, який забезпечує необхідну швидкодію та точність. Окрім того, необхідно запропонувати та дослідити спосіб верифікації вхідних даних для прогнозування. Необхідність в цьому виникає через:

- велику кількість недостовірних відкритих даних;
- неспівпадання періоду збору даних;
- спекулятивних сплесків курсу криптовалют.

Далі буде більш детально розглянуто існуючі способи верифікації вхідних даних та прогнозування курсу криптовалют.

1.2. Існуючі способи збору, верифікації вхідних даних та прогнозування курсу криптовалют

1.2.1. Способи збору та верифікації вхідних даних для прогнозування курсу криптовалюти

Оскільки на існуючих веб-платформах із аналізом та прогнозуванням курсу використовуються бібліотеки та алгоритми, що відсутні у відкритому доступі розглянемо найбільш вживаний спосіб [6].

Для цього розроблюється програмне забезпечення яке ітеративно виконує такі процеси:

- отримання даних із біржі;
- оновлення збережених даних новими отриманими даними;
- передання даних до процесу прогнозування.

Даний спосіб не є ефективним, оскільки:

- збір даних із однієї біржі не дає повної картини про курс на криптовалютному ринку, оскільки дані отримані із різних централізованих бірж можуть відрізнятися, що негативно вплине на якість результатів прогнозу у майбутньому;
- не передбачає появу недостовірних даних, що призводить до погіршення точності прогнозування.

Отже, для оптимізації даного етапу роботи із даними необхідно отримувати дані із декількох бірж водночас та розробити спосіб відсіювання недостовірних отриманих даних.

1.2.2. Способи прогнозування курсу криптовалют

На даний момент існують такі три найпопулярніші підходи до технічного прогнозування курсу на криптовалютному ринку:

- способи із використанням машинного навчання (MLP, BNN, RBF, тощо);
- способи із використанням нейронних мереж (RNN, LSTM);
- класичні способи (Naïve, ARIMA, тощо).

Способи із використанням машинного навчання

Розглянемо одну із моделей, що відноситься до машинного навчання, а саме MLP – Multi-Layer Perceptron.

Дана модель має потрібну структуру і складається із таких “шарів”:

- початковий рівень із вузлами, до яких надходять дані;
- середній прихований рівень із вузлами;
- останній рівень із вузлами, що використовується для прогнозування [7].

Схема вищезазначеної структури зазначена на рис. 1.1.

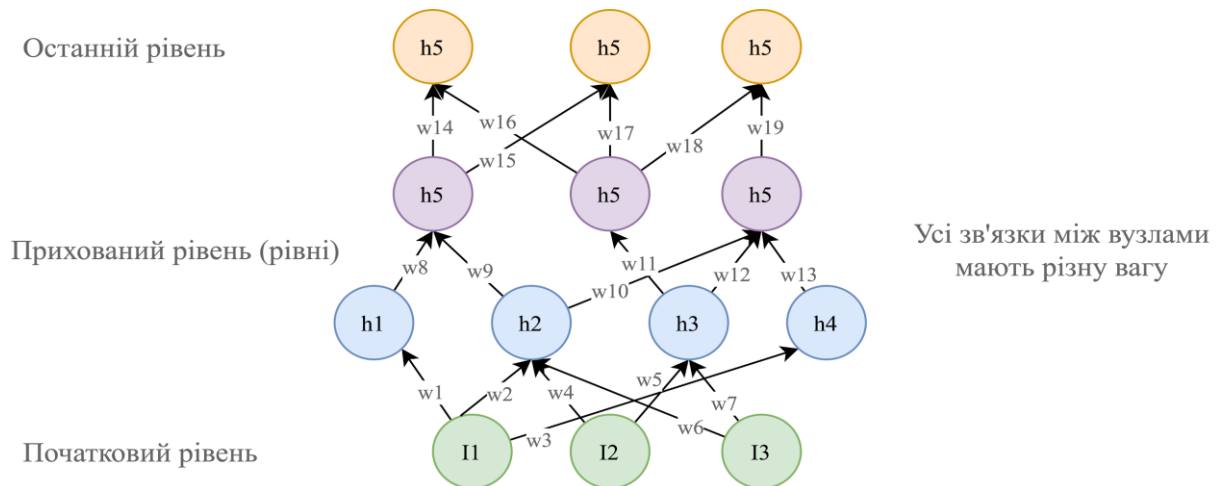


Рис. 1.1. Структура MLP

Переваги використання машинного навчання:

- чим більше даних надається для обробки, тим точніше працює спосіб;
- вміння підлаштовуватися під тренди у русі курсу;
- наявність великої кількості способів, популярність на ринку.

Недоліки використання машинного навчання:

- для якісного прогнозування необхідна велика кількість даних;
- потребує великих обчислювальних потужностей [8-9].

Способи із використанням нейронних мереж

Для розгляду даного підходу було обрано два існуючих способи:

- RNN – Recurrent Neural Network – рекурентна нейронна мережа;
- LSTM – Long Short-Term Memory – довга короткострокова пам'ять.

RNN – це тип нейронної мережі із пам'яттю, що використовується для прогнозування значень залежних від часу. Даний тип може запам'ятовувати раніше захоплений стан вхідних даних для прийняття рішення щодо прогнозування значення для наступного періоду часу.

LSTM є модифікацією RNN зі спеціальними «комірками», що допомагають моделі прийняти рішення про те, яку інформацію слід позначити як значущу, а яку інформацію ігнорувати [10].

Переваги використання нейронних мереж:

- найсучасніші способи прогнозування, що показують високі результати;
- наявність великої кількості способів, популярність на ринку.

Недоліки використання нейронних мереж:

- потребують великих обчислювальних потужностей;
- «чорна коробка» всередині, неможливо пояснити прогнозування;
- для якісного прогнозування необхідна велика кількість даних.

Класичні способи

Найдоречнішим для прогнозування курсу на криптовалютному ринку серед класичних способів вважається клас моделей ARIMA. Він має певні модифікації, що враховують сезонність (SARIMA), стаціонарність часового ряду (ARMA), тощо [11].

Переваги використання класичних способів (ARIMA):

- модель ARIMA показує високі показники у результатах прогнозувань курсу на криптовалютному ринку;
- наявність великої кількості модифікацій, які можна пристосувати до різних типів часових рядів;
- не потребують великих обчислювальних потужностей;
- для якісного прогнозування необхідна менша кількість даних, ніж при роботі з нейронними мережами чи машинним навчанням [12].

Недолік використання класичних способів (ARIMA):

- не працюють у випадку різкої зміни напрямку руху курсу на криптовалютному ринку.

Для збору даних було обрано такі криптовалютні біржі:

- Binance;
- Bittrex;
- Coinbase;
- Kraken;
- BitFinex.

Отже, один із можливих підходів до прогнозування це використання класу моделей ARIMA, який потребує оптимізації, оскільки цей клас моделей не працює стабільно у випадку наявності різких стрибків курсу криптовалюти, у таких випадках необхідно застосовувати альтернативний спосіб прогнозування. Під час аналізу оброблюваних даних при наявності різкого зростання чи спадання курсу на криптовалюту фіксуватиметься інформація про стрибок і відповідно до неї формуватиметься подальший прогноз.

1.3. Аналіз існуючих рішень на ринку криптовалют

На криптовалютному ринку за останні декілька років була створена значна конкуренція із різних веб-платформ, груп професійних криптотрейдерів, тощо. Було розглянуто два конкурентних рішення, що є повними протилежностями одне до одного:

Crypto Advice

Веб-платформа Crypto Advice представляє собою групу експертів та може бути знайдений за посиланням <https://www.crypto-advice.eu>.

Вони пропонують закриту комунікацію із експертами щодо прогнозувань змін курсу криптовалюти на популярних криптовалютних біржах, таких як:

- BitMex;
- Huobi;
- Binance;
- Coinbase, тощо.

Спосіб аналізу та прогнозування: не зазначено у відкритому доступі.

Перевагами даної веб-платформи є:

- за умови високого рівня кваліфікації професійних трейдерів, комунікація з якими надається, можна отримати достатньо високий рівень прибутку;
- у випадку надання особистих консультацій можна здобути знання для подальшого самостійного трейдингу;
- індивідуальний підхід до кожного клієнта.

Недоліками користування даною веб-платформою є:

- невідомий рівень підготовки професійних трейдерів, які надаватимуть прогнози;
- високий людський фактор;
- закрита платна веб-платформа із додатковими можливостями, яку неможливо побачити та спробувати до моменту оплати підписки.

Coin Predictor

Дана веб-платформа пропонує автоматизований аналіз та прогнозування курсу криптовалюти та доступна за наступним посиланням: <https://coinpredictor.io>.

Він надає безкоштовний доступ до графіків із статистикою, що базується на історичній інформації зміни курсу, та нових прогнозів. Уся робота виконується виключно автоматизовано та не враховуються жодні суб'єктивні прогнози.

Веб-платформа Coin Predictor має зручний інтерфейс із графіками статистики та прогнозувань для багатьох криптовалют (рис. 1.2).

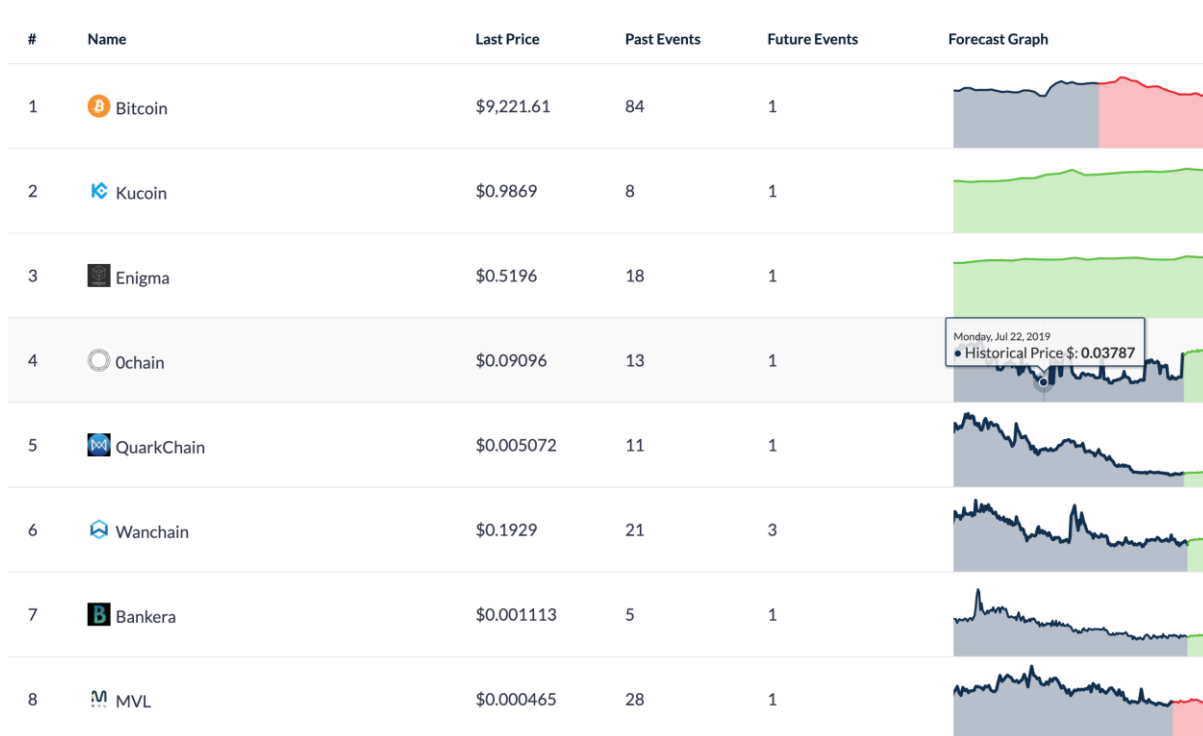


Рис. 1.2. Інтерфейс із графіками для різних криптовалют веб-додатку Coin Predictor

Спосіб аналізу та прогнозування: не зазначено у відкритому доступі.

Перевагами даної веб-платформи є:

- абсолютно безкоштовні послуги для аналізу та прогнозування курсу криптовалюти;
- відсутність людського фактору, повністю автоматизовані усі процеси у програмному забезпеченні.

Недоліками даної веб-платформи є:

- відсутність індивідуалізації роботи для кожного клієнта;
- невідомо, з яких криптовалютних бірж агрегуються дані.

По результатах аналізу існуючих рішень на ринку аналізу та прогнозування курсу криптовалюти було сформовано у табл. 2.

Таблиця 2

Переваги та недоліки наведених існуючих рішень на ринку криптовалюти

Рішення	Переваги	Недоліки
<i>Crypto Advice</i>	<ul style="list-style-type: none"> – за умови високого рівня кваліфікації професійних трейдерів, можна отримати достатньо високий рівень прибутку; – у випадку надання особистих консультацій можна здобути знання для подальшого самостійного трейдингу; – індивідуальний підхід до кожного клієнта; 	<ul style="list-style-type: none"> – невідомий рівень підготовки трейдерів, які надаватимуть прогнози; – високий людський фактор; – неможливість протестувати закриту платна веб-платформу до моменту оплати підписки;
<i>Coin Predictor</i>	<ul style="list-style-type: none"> – безкоштовні послуги з аналізу та прогнозування курсу криптовалюти; – відсутність людського фактору; 	<ul style="list-style-type: none"> – відсутність індивідуалізації роботи для кожного клієнта; – невідомо, з яких криптовалютних бірж агрегуються дані.

1.4. Висновки до розділу

Проаналізовано способи збору та прогнозування курсу криптовалют, які використовуються при наданні консалтингових послуг з прогнозування курсу криптовалют. Виявлено, що на якість прогнозування курсу криптовалют впливають: період прогнозування; спосіб прогнозування, який повинен забезпечувати необхідну швидкодію та точність; кількість недостовірних вхідних даних; неспівпадіння періоду збору даних; спекулятивні сплески курсу криптовалют.

Після проведення огляду існуючих рішень з прогнозування курсу криптовалют актуальними є:

1. Розробка способу верифікації вхідних даних для прогнозування курсу криптовалют.
2. Оптимізація моделей класу ARIMA при виникненні різких стрибків курсу криптовалют.
3. Створення програмного забезпечення, що:
 - автоматично виконує збір даних із різних бірж водночас;
 - агрегує та синхронізує за часом отримані дані по кожній біржі окремо;
 - здійснює перевірку даних на достовірність, відсіює недостовірні значення;
 - формує сигнали про різку зміну напрямку руху курсу при наявності;
 - здійснює прогнозування на основі оновлених даних;
 - надає результати прогнозування.

2. СПОСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ

2.1. Збір та верифікація вхідних даних для прогнозування курсу криптовалют

Збір даних про зміни курсу на криптовалютних біржах може виконуватися як вручну, так і автоматично.

Усі найвідоміші веб-платформи, що пропонують послуги обміну цифрових валют мають відкрите розгорнуте API для того, щоб мати можливість автоматизувати процес отримання даних.

Однак розробка програмного забезпечення лише для роботи із однією конкретною криптовалютною біржею не є доцільною, оскільки чим більшу кількість даних із різних джерел водночас отримуватиме агрегатор, тим точніше будуть вхідні дані для прогнозування вірогіднішими будуть прогнозування. Це пов'язано із трьома причинами:

- криптовалютні біржі зазвичай мають різні курси на цифрову валюту, що може значно впливати на прогноз;
- через перевантаженість деяких криптовалютних бірж можуть виникати часові періоди, коли не було отримано жодних даних;
- іноді можуть приходити недостовірні дані.

Для уникнення вищезазначених проблем було вирішено врахувати такі функції у розроблюваному програмному забезпеченні:

- програмне забезпечення проводить збір даних із максимально надійних криптовалютних бірж за певний проміжок часу та агрегує ці дані способом виключенням недостовірних даних та усередненням тих, що залишилися;
- у програмному забезпеченні передбачено часову затримку для під'єднання до API криптовалютних бірж для уникнення блокувань з їх боку.

Для збору даних проаналізовано 5 криптовалютних бірж, які мають відкрите та зручне API та дозволяють отримувати дані про зміни курсу з мінімальними часовими затримками [13].

Binance – це криптовалютна біржа, яка надає забезпечує надання послуг з обміну криптовалют із 2017 року. Станом на січень 2018 року Binance була найбільшою біржею криптовалют у світі за обсягами торгів. Обсяг торгів за день (у доларах США): \$448,088,328.

Особливості Binance API: дозволяє користувачам біржі здійснювати торги на веб-платформі за допомогою сторонніх додатків. Трейдери також можуть дозволити цим стороннім програмам торгувати, створювати і скасовувати замовлення.

Bittrex – це американська біржа криптовалют зі штаб-квартирою в Сіетлі, штат Вашингтон. Компанія була заснована в 2013 році Біллом Шихарою та двома діловими партнерами. Біржа є тринадцятою за величиною біржею криптовалют за щоденним обсягом торгів і має налагоджену систему безпеки. Обсяг торгів за день (у доларах США): \$61,614,436.

Особливості Bittrex API: користувачі можуть програмно отримувати доступ до своїх акаунтів, включаючи надання прав для торгування, виведення грошей та депозитів.

Coinbase – це одна з найпопулярніших криптовалютних бірж, була заснована в липні 2011 року колишнім інженером Airbnb Брайаном Армстронгом. У 2012 році співзасновник Фред Ерсам, колишній трейдер Goldman Sachs, приєднався до компанії, після чого Coinbase запустив послуги з купівлі, продажу та зберігання Bitcoin. Обсяг торгів за день (у доларах США): \$52,618,344.

Особливості Coinbase API: дозволяє розробникам та бізнесу інтегрувати платежі Bitcoin, Bitcoin cash, Litecoin та Ethereum у ваш бізнес або додаток.

Kraken – веб-платформа обміну цифрових валют, зареєстрований в США у 2011 році. Станом на грудень 2019 року сумарний обсяг торгів склав близько 13% світового обороту. Обсяг торгів за день (у доларах США): \$41,291,726.

Особливості Kraken API: трейдери можуть дозволяти стороннім програмам ініціювати та скасовувати операції у своєму обліковому записі.

Bitfinex – це біржа криптовалют, що належить і управляється iFinex Inc., штаб-квартира якої знаходиться в Гонконгу та зареєстрована на Британських Віргінських островах. Обсяг торгів за день (у доларах США): \$61,614,436.

Особливості BitFinex API: надає розробникам доступ до всіх функцій послуг обміну BitFinex. Трейдери також можуть використовувати API для надання прав доступу до їх акаунту стороннім програмам та ботам для здійснення торгів від їх імені.

Автоматизований збір даних про курс на криптовалютних ринках відбувається за допомогою взаємодії із API обраної криптовалютної біржі.

Оскільки у розроблюваному способі для збору даних встановлюється взаємодія із великою кількістю ресурсів водночас у режимі реального часу, необхідно враховувати ряд таких чинників:

- дані, що отримуються через API бірж, мають мати однакові показники:
 - за один і той же проміжок часу – існують різні варіації проміжків:
 - 5 – 30 секунд – занадто швидке оновлення із недостатньою кількістю часу для встановлення ефективного прогнозування про зміну напрямку руху курсу на криптовалютному ринку, оскільки будуть враховуватися незначні зміни напрямку руху курсу. Також при використанні занадто частих запитів криптовалютна біржа може заблокувати користувача.

- 1 – 5 хвилин – оптимальний період часу для прогнозування. Із технічної точки зору (організації з’єднання із біржею) становляться доступними “підписки” за допомогою WebSockets, відповідно виключаються додаткові ризики, пов’язані із блокуванням користувача зі сторони криптовалютної біржі.
- 5 – 60 хвилин – даний проміжок часу оновлення курсу на криптовалютному ринку не підходить для короткострокових прогнозувань, оскільки за цей період часу можуть відбуватися значні зміни руху курсу на криптовалюту, що не дає можливості побудувати запропоноване прогнозування.
- 1 – 24 години – підходить для середньострокових строкових прогнозувань (1 – 12 годин), що не є актуальним для даної дисертаційної роботи.
- 1 – 30 днів – підходить для довгострокових прогнозувань із урахуванням сезонності, що не є актуальним для даної дисертаційної роботи.
- співвідношення обраних валют:
 - для позначення курсу криптовалютного курсу зазвичай використовується позначення у вигляді текстового рядка, який комбінується із двох частин:
 - валюта, курс якої позначається;
 - валюта, у якій оцінюється перша валюта;
 - для зручності дослідження було обрано співвідношення долар США та Bitcoin;
- синхронізація отриманих даних із різних ресурсів (у часі):
 - за умови одночасного під’єднання до усіх бірж існує ризик виникнення незначних часових затримок між отриманими даними, проте вони не є критичними при технічному аналізі та

подальшому прогнозуванні курсу на криптовалютному ринку в рамках даної дисертаційної роботи;

- регулювання синхронізації отриманих даних у розроблюваному способі відбувається таким чином:
 - у момент, коли було отримано інформацію від останнього із ресурсів (криптовалютних бірж), запускається процес подальшої обробки даних за останній фіксований період часу.

2.2. Спосіб обробки та аналізу отриманих даних

Після отримання даних про курс із усіх криптовалютних бірж за фіксований проміжок часу запускається процес обробки даної інформації.

Вона має враховувати такі особливості отриманих даних:

1. Отримані дані із криптовалютної біржі не є усередненими. Найчастіше вони надаються у форматі декількох показників за різний періоди часу із фіксованого проміжку. Через це перед тим, як продовжувати обробку даних, необхідно усереднити значення курси криптовалюти по кожній криптовалютній біржі окремо.
2. Іноді через криптовалютні біржі можна отримувати недостовірні курси на криптовалюту, які необхідно відсіювати.
3. Особливістю роботи саме із цим типом даних (курсу на криптовалюту) є те, що різкі зміни значень є допустими через можливе стрімке зростання чи спадання курсу. У даному випадку, необхідно відрізняти недостовірні курси від стрімкої зміни напрямку руху курсу на криптовалютному ринку.

У момент отримання усіх даних від криптовалютних бірж за останній фіксований проміжок часу автоматично запускається процес обробки даних. Оскільки він є ітеративним, доречним буде розглянення загальної схеми роботи в окремій ітерації (див. рис. 2.1).



Рис. 2.1. Загальна схема процесу обробки даних в рамках ітерації

Як зображено на рис. 2.1 обробку даних після отримання можна розподілити на такі основні етапи:

1. Усереднення отриманих даних по кожній біржі. Як згадувалося у даному підрозділі вище, дані приходять із декількома показниками, серед яких необхідно обчислити середнє арифметичне.
2. Перевірка даних на достовірність та виключення зайвих значень.
3. Побудова довірчого інтервалу для наступної ітерації (наступного фіксованого проміжку часу).
4. Агрегація перевірених достовірних даних із усіх бірж та їх збереження. У випадку наявності різких змін напрямку руху курсу криптовалюти відбувається формування сигналу про цю подію та передача його для подальшого врахування під час прогнозування.

Слід більш детально розглянути принцип роботи окремих етапів обробки отриманих даних.

Перевірка даних на достовірність та виключення зайвих значень

Дана перевірка даних відбувається за рахунок знаходження довірчого інтервалу, оновлення якого відбувається кожної ітерації із відповідним врахуванням лише визначеної кількості останніх значень n .

Логіка роботи перевірки даних на достовірність зображена на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Схема роботи процесу визначення достовірності отриманих даних про курс на криптовалютному ринку

Як видно із рисунку 2.2 спочатку відбувається перевірка належності отриманих усереднених значень із різних криптовалютних бірж до довірчого інтервалу, що базується на значеннях із минулої ітерації.

Можливі результати перевірки:

1. У випадку, коли не менше 80% значень належить довірчому інтервалу, це свідчить про відсутність різких змін напрямків руху курсу. Усі значення, що не належать довірчому інтервалу враховуються як недостовірні та виключаються із подальшої обробки.
2. У випадку, коли менше 80% значень належить довірчому інтервалу, це свідчить про можливість різких змін напрямків руху курсу на

криптовалютному ринку. У даній ситуації усі значення враховуються у подальшій обробці даних. Також фіксується можлива наявність стрімкого зростання чи відповідно спадання у криптовалютній курсу.

3. Для першої ітерації, коли ще відсутній довірчий інтервал із минулої ітерації, приймається, що усі дані достовірні.

Як вже згадувалося раніше, при кожній наступній ітерації програмне забезпечення зберігає масив із даних, що обробляються у певній фіксованій кількості n . Тобто при кожній ітерації із масиву даних виключаються «найстаріші» дані, і відповідно включаються дані, що були отримані при поточній ітерації.

Побудова довірчого інтервалу

Наприкінці кожної ітерації процесу обробки отриманих даних про курс на криптовалютному ринку відбувається побудова довірчого інтервалу на базі даних отриманих за останній фіксований проміжок часу, після проходження перевірки на достовірність та виключення відповідних значень.

Розрахунок оновленого довірчого інтервалу, а саме відхилення σ , що виконується за такими кроками:

1. Знайти дисперсію за наступною формулою:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}, \quad (2.1)$$

де \bar{x} – середнє значення, n – кількість елементів масиву.

2. Знайти виправлене середнє квадратичне відхилення із урахуванням виправлення оцінки стандартного відхилення:

$$s = \sqrt{\frac{n}{n-1} \cdot D}. \quad (2.2)$$

3. Розрахувати відхилення σ для отримання відповідного довірчого інтервалу:

$$s(1 - q) < \sigma < s(1 + q), \quad (2.3)$$

де q – константне значення, яке обирається в залежності від обраного відсотку довірчої вірогідності.

Агрегація даних

Останнім етапом обробки отриманих даних про курс на криптовалютному ринку є агрегація отриманих курсів із різних криптовалютних бірж та збереження у відповідному форматі. А саме, до загального масиву даних, що передаються до подальшого прогнозування, додаються такі дані про останню ітерацію:

- часовий показник;
- максимальне і мінімальне значення серед достовірних даних за останній фіксований проміжок часу;
- усереднене значення курсу на криптовалюту серед достовірних даних за останній фіксований проміжок часу;
- оновлений довірчий інтервал;
- дані про різку зміну руху напрямку криптовалюти при наявності стрибка, а саме:
 - напрям руху (зростання або спадання);
 - різниця між максимальним чи мінімальним отриманим значенням курсу та крайнім найближчим значенням довірчого інтервалу.

При завершенні кожної ітерації обробки даних запускається процес прогнозування, на який передається інформація про значення курсу за останній фіксований проміжок часу та при наявності сигнал про можливу різку зміну напрямку руху курсу на криптовалютному ринку, який буде врахований у подальшому прогнозуванні.

2.3. Оптимізований спосіб прогнозування курсу криптовалют

У рамках виконання даної магістерської дисертації було обрано комбінований підхід: об'єднання результатів, отриманих за допомогою моделі прогнозування ARIMA із врахуванням отриманих сигналів про можливу різку зміну напрямку руху криптовалюти на ринку.

Клас моделей ARIMA

ARIMA – це клас статистичних моделей прогнозування, який застосовується для прогнозування останніх значень у часових рядах на базі отриманих у минулому значень і відповідній різниці із отриманими значеннями у часовому ряді. Дану модель прогнозування доречно використовувати для часових рядів, що не має таких властивостей:

- сезонність;
- відсутність закономірностей;
- випадкові шумові значення.

ARIMA – це скорочення, що розшифровується як AutoRegressive Integrated Moving Average. Ця аббревіатура описує даний клас моделей і охоплює його ключові особливості, а саме:

1. AutoRegressive: Авторегресійна. Використання попередніх значень часового ряду для подальшого прогнозування.
2. Integrated: Інтегрована. Використання диференціації необроблених значень часового ряду у випадку його нестационарності (наприклад, віднімання останнього отриманого значення від значення за попередній фіксований період часу). Цей етап необхідний для приведення часового ряду до стаціонарного вигляду.
3. Moving Average: Ковзне середнє. Використання залежності між значенням та залишковою помилкою від моделі ковзного середнього, застосованої до значень за попередній фіксований період часу [12-14].

Кожна із цих ключових характеристик даного класу моделі враховується як окремий параметр. Зазвичай використовується стандартне позначення $ARIMA(p, d, q)$, де параметри заповнюються цілими значеннями для визначення конкретної моделі $ARIMA$, що використовуватиметься у майбутньому.

Параметри моделі $ARIMA$ визначаються наступним чином:

- p : кількість попередніх значень часового ряду, що враховуватимуться при прогнозуванні, далі згадуватиметься як порядок відставання p ;
- d : кількість разів, коли значення у часовому ряді мають бути продиференційовані для того, щоб часовий ряд вважався стаціонарним, далі згадуватиметься як ступінь різниці d ;
- q : кількість попередніх значень, що сильно відхилялися від середнього значення, далі згадуватиметься як порядок ковзного середнього q .

Для виключення певного параметру із моделі слід вказувати його значення як нуль. Це вказуватиме на те, що дана характеристика не включатиметься у моделі прогнозування. Таким чином, модель $ARIMA$ може бути налаштована на виконання функції моделі $ARMA$ і навіть простої моделі AR , I або MA .

Слід зауважити, що за умови стаціонарності часового ряду, що оброблюється, значення d має дорівнювати нулю. У такому випадку більш доречно застосовувати модель прогнозування $ARMA$, оскільки вона виключає необхідність приводити ряд до стаціонарного вигляду на відміну від її повної версії – $ARIMA$.

Використання класу моделей прогнозування $ARIMA$ із урахуванням особливостей даних, що обробляються

При проведенні дослідження у даній дисертації було висунуто гіпотезу, що отриманий (після попередньої обробки даних) масив із

відповідними значеннями курсу на криптовалюту можна розглянути як часовий ряд та застосувати вищезазначену модель [15]. Також слід більш детально врахувати наявність необхідних властивостей часового ряду, що розглядається, щоб визначити чи підходить модель прогнозування – ARIMA [16]:

1. Відсутність сезонності. Оскільки дана модель застосовуватиметься для короткочасних прогнозувань (обраний фіксований проміжок часу – 60 секунд), наявність сезонності у коливаннях курсу на криптовалюту виключена.
2. Наявність закономірностей. При аналізі історичних графіків із рухом криптовалютного курсу можна відмітити також наявність закономірностей у рамках певного періоду часу, адже значення курсу найчастіше притримуються довірчому інтервалу і не виходять за нього, коливаючись то вище, то нижче (виключення – наявність різкого зростання чи спадання курсу). Відповідно до цього можна дійти висновку, що модель прогнозування ARIMA варто використовувати при відсутності різкої зміни напрямку руху курсу на криптовалюту.
3. Відсутність випадкових шумових значень. Перед прогнозуванням на кожній ітерації проводиться попередня обробка отриманих даних, що включає у собі перевірку отриманих значень на достовірність (див. підрозділ 2.2), що виключає можливість появи шумових значень.

Перевірка гіпотез, проведена, як описано вище, показує, що курс не є сезонним, має закономірності (із виключенням у випадку стрімкого падіння або зростання курсу), та не має випадкові шумові значення за рахунок попередньої обробки даних. Тому вищезазначена модель прогнозування може бути застосована до побудованого часового ряду за умови відсутності різкої зміни напрямку руху курсу на криптовалюту.

У випадку, коли має місце така різка зміна напрямку руху курсу, ще на етапі попередньої обробки даних формується відповідний сигнал про можливий стрибок, який містить у собі дані про часовий проміжок, напрям руху курсу (зростання чи спадання) та різницю між максимальним чи мінімальним отриманим значенням курсу та крайнім найближчим значенням довірчого інтервалу. У разі наявності такого сигналу під час прогнозування дані показники враховуються замість результатів прогнозування за допомогою ARIMA для побудови можливого подальшого напрямку руху курсу.

Підготовка часового ряду до застосування ARIMA

Для використання класу моделей прогнозування ARIMA спочатку необхідно визначити, чи є заданий часовий ряд за останню ітерацію стаціонарним. У разі підтвердження стаціонарності ряду слід використовувати варіацію класу моделей ARIMA – модель ARMA. Даний процес представлено у вигляді блок схеми на рис. 2.3.

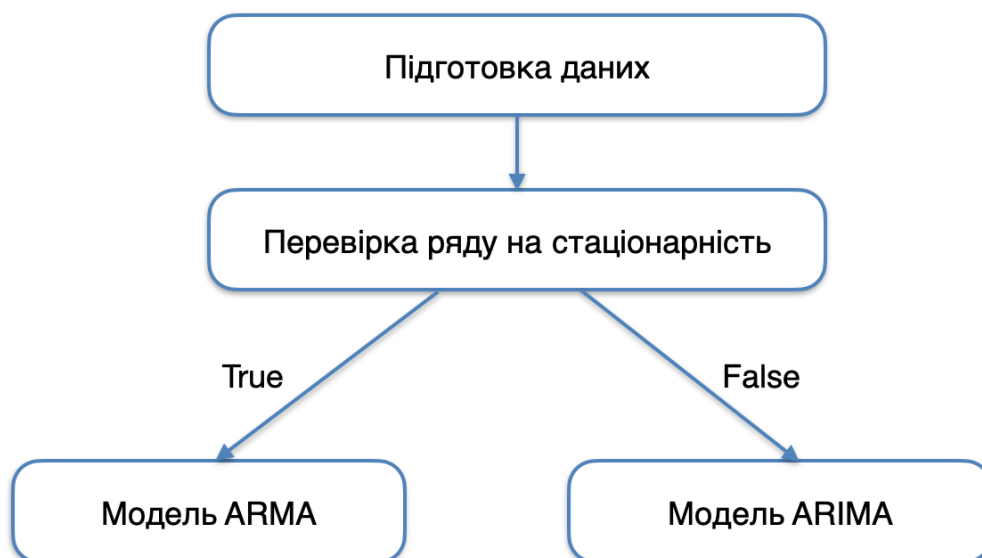


Рис. 2.3. Схема визначення моделі прогнозування

Стаціонарність часового ряду

Часовий ряд є стаціонарним, якщо породжуючий його “механізм” не змінюється при зсуві в часі, а відповідний випадковий процес досяг статистичної рівноваги. Формально стаціонарний часовий ряд визначається як такий випадковий процес, для якого математичне очікування, дисперсія та коваріації між окремими членами ряду випадково варіюють навколо постійного, що не залежить від часу рівня (поняття "стаціонарності" в широкому сенсі, яке розглядається для часових рядів). У форматі формул критерії визначення стаціонарності ряді можна описати так:

$$m_x(t) = const \text{ та } D_x(t) = const, \quad (2.4)$$

де $m_x(t)$ – функція, що показує зміну математичного очікування залежно від значення часового ряду x на протязі часу t ; $D_x(t)$ – функція, що показує зміну дисперсії залежно від значення часового ряду x на протязі часу t [17].

Доповнений тест Дікі-Фуллера

Для того, щоб автоматизувати процес перевірки ряду на стаціонарність, було обрано проведення доповненого тесту Дікі-Фуллера.

Доповнений тест Дікі-Фуллера – це тип статистичного тесту, який називається одиничним кореневим тестом, що використовує авторегресійну модель [18].

Нульовою гіпотезою (H_0) тесту є те, що часові ряди можуть бути представлені одиничним коренем, що він не є нерухомим (має певну структуру, що залежить від часу). Альтернативна гіпотеза (H_1) – відхилення нульової гіпотези – полягає в тому, що часовий ряд є нерухомим.

Нульова гіпотеза (H_0): якщо її не вдалося відхилити, це означає, що часовий ряд має одиничний корінь, тобто він нестаціонарний. Він має певну структуру, що залежить від часу.

Альтернативна гіпотеза (H_1): якщо нульова гіпотеза відхиляється, це передбачає, що часовий ряд не має одиничного кореня, тобто він є стаціонарним. Він не має часової структури.

Результати даного тесту залежать від отриманого у результаті параметру p .

У випадку, коли значення p знаходиться нижче порогового значення (наприклад, 5% або 1%) означає, що нульова гіпотеза відхиляється. У протилежному випадку значення p вище порогового значення означає, що нульова гіпотеза не може бути відхилена. У рамках даного дослідження пороговим відсотком було обрано – 5%, відповідно:

- якщо $p > 0.05$: не вдається відхилити нульову гіпотезу, дані мають одиничний корінь і є нестационарними;
- якщо $p \leq 0.05$: нульова гіпотеза відхиляється, дані не мають одиничного кореня і є стаціонарними [19].

Використання моделей класу ARIMA

Після проведення тесту Дікі-Фуллера оброблюваний ряд отримує помітку про стаціонарність і відповідно до цього обирається модель для подальшого прогнозування:

- якщо оброблюваний часовий ряд був визначений як стаціонарний у подальшому прогнозуванні використовується модель ARMA (p, q), де виключається параметр $d = 0$;
- якщо часовий ряд був визначений як нестационарний – використовується модель ARIMA (p, d, q), де $d \geq 1$ [20].

Прогнозування останнього значення часового ряду відбувається за різними варіаціями формули відповідно до обраної моделі.

Модель ARMA

У випадку обраної ARMA моделі одразу після визначення стаціонарності часового ряду та коефіцієнтів p і q , можна переходити до процесу прогнозування.

Оскільки модель ARMA складається із двох основних моделей AR – авторегресійна та MA – із кожним середнім буде доречним розглянути їх складові окремо.

Авторегресійна модель (AR) описується наступною формулою:

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (2.5)$$

де $\varphi_1, \dots, \varphi_p$ – це параметри моделі, c – константа, ε_t – випадкова змінна із часового ряду.

Модель ковзного середнього описується наступною формулою:

$$X_t = \mu + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (2.6)$$

де $\theta_1, \dots, \theta_q$ – це параметри моделі, μ – це очікування X_t (часто прирівнюється до нуля), $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots$ – значення стаціонарного ряду.

Відповідно модель ARMA об'єднує дві вищезазначені моделі в собі і може бути описана таким чином [21]:

$$X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \sum_{j=1}^p \varphi_j X_{t-j}. \quad (2.7)$$

Модель ARIMA

Першим етапом після визначення нестационарності ряду для коефіцієнтів p і q , необхідно привести часовий ряд до стаціонарного вигляду. Для цього необхідно здійснити процес віднімання значень усього ряду за наступною формулою:

$$X_{d_t} = X_t - X_{t-1}, \quad (2.8)$$

де X_{d_t} – оновлене значення часового ряду залежно від часу t .

Після кожної здійсненої вищезазначеної ітерації необхідно повторно проводити тест Дікі-Фуллера для визначення стаціонарності оновленого часового ряду. Коли стаціонарність ряду буде встановлена, програмне забезпечення зупиняється на останній ітерації та фіксує кількість ітерацій, здійснених для приведення ряду до стаціонарного вигляду. Ця кількість ітерацій і є параметром d .

Наступним етапом даної моделі є сам процес прогнозування, який можна описати наступною формулою:

$$\Delta^d X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j} + \sum_{i=1}^p a_i \Delta^d X_{t-i}, \quad (2.9)$$

де ε_t – стаціонарний часовий ряд, c, a_i, b_j – параметри моделі, Δ^d – оператор різниці часового ряду порядку d [22].

Таким чином, по результатах прогнозування формується спрогнозоване значення курсу криптовалюти за останній фіксований проміжок часу. Розроблене програмне забезпечення автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку фіксує його відповідним записом у базі даних. Після цього процес переходить до наступної ітерації.

2.5. Висновки до розділу

Отже, у даному розділі було розглянуто розроблений оптимізований спосіб автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку.

Для уникнення негативного впливу зазначених факторів запропоновано:

- одночасний збір даних із декількох бірж;
- урахування часових затримок між запитами;
- вислідковування і виключення недостовірних даних;
- агрегація верифікованих даних за певні проміжки часу.

Було досліджено особливості даних, що обробляються та визначено чинники, що необхідно враховувати під час збору даних, а саме:

- фіксований проміжок часу для оновлення отриманих даних – 60 секунд;
- співвідношення валют, що були обрані для подальшої обробки та прогнозування – долар США та Bitcoin;
- організація процесу синхронізації даних за певний фіксований проміжок часу.

Для збору даних було обрано такі криптовалютні біржі: Binance, Bittrex, Coinbase, Kraken, BitFinex.

У процесі вибору криптовалютних бірж було враховано такі показники:

- популярність серед інших конкурентів на ринку;
- стабільність роботи, рідкі перебої;
- зручність користування API;
- зрозуміла відповідна технічна документація.

Також було детально описано спосіб обробки та аналізу отриманих даних, підготовки їх для подальшого прогнозування. Він складається із таких основних етапів:

- агрегація даних отриманих по кожній біржі окремо;
- перевірка даних на достовірність та виключення зайвих значень;
- побудова довірчого інтервалу для наступної ітерації;
- агрегація достовірних даних із усіх бірж та їх збереження, у випадку наявності різких змін напрямку руху курсу криптовалюти формування відповідного сигналу, що буде застосований при подальшому прогнозуванні.

Процес прогнозування складається із таких наступних етапів. Якщо у переданих після обробки та аналізу даних відсутній показник про різкий стрибок курсу у валюти застосовуються такий алгоритм дій:

- перевірка часового ряду на стаціонарність:
 - у разі підтвердження стаціонарності ряду відбувається запуск моделі прогнозування ARMA;
 - у іншому випадку використовується модель прогнозування ARIMA.

При наявності сигналу про різку зміну напрямку руху курсу криптовалюти, побудова прогнозу базується на отриманих із сигналу даних.

3. ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗІ СПОСОБОМ ОПТИМІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ

У даному розділі магістерської дисертації детально описано розроблене програмне забезпечення, яке реалізує оптимізований спосіб автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку.

Розроблене програмне забезпечення складається із таких основних модулів:

- модуль збору даних;
- модуль обробки та аналізу отриманих даних;
- модуль прогнозування.

3.1. Архітектура програмного забезпечення

Використання моделі MVT

Для розроблення даного програмного забезпечення було обрано мову програмування Python через зручність користування нею та високу швидкість. Найпопулярнішим відкритим фреймворком для Python є Django, тому архітектура програмного забезпечення дублює його основні елементи та додає взаємодію із СКБД.

Модель MVT складається із таких основних компонентів:

1. Model – містить логіку та опис даних, що застосовуються у даному програмному забезпеченні. Окремі класи, як правило, відповідають таблицям у базі даних.
2. View – отримує запит, обробляє його і надсилає у відповідь користувачу певну відповідь. Якщо до обробки запиту необхідно виконати звернення до моделі і бази даних, тоді View взаємодіє із

ними. Для створення відповіді View може застосовувати Template або шаблони.

3. Template – показує логіку представлення у вигляді згенерованої розмітки html.
4. URL dispatcher – при отриманні запиту на базі запрошеної адреси URL визначає, який ресурс повинен обробляти даний запит.

Загальна архітектура розробленого програмного забезпечення зображена на рис. 3.1. Вона включає в собі модель MVT та організований взаємозв'язок із обраною СКБД – PostgreSQL.

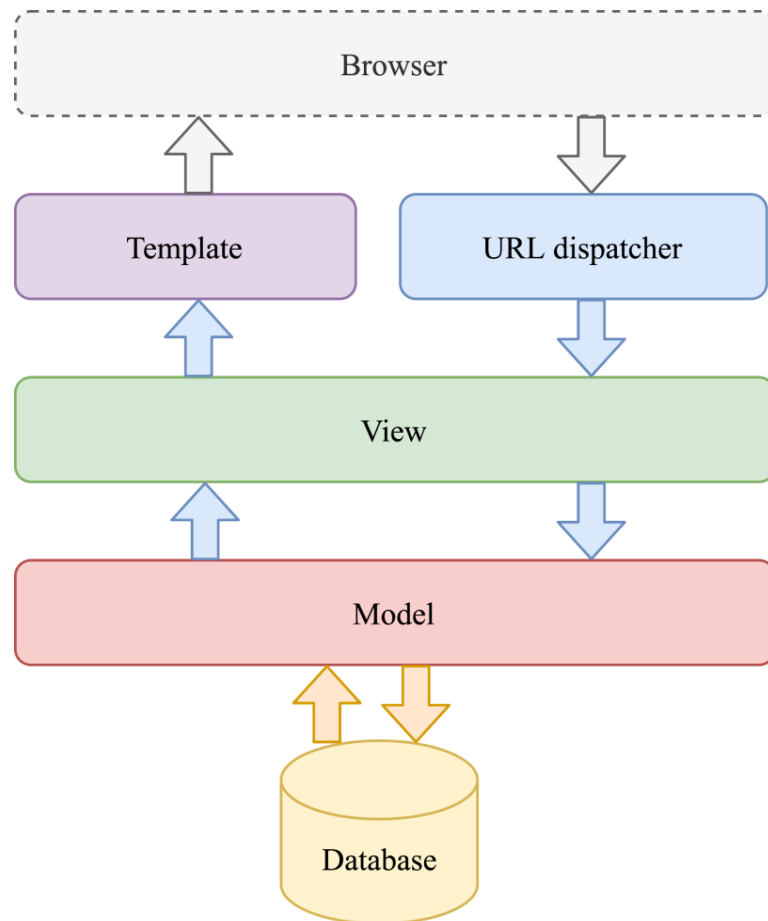


Рис. 3.1. Загальна архітектура розробленого програмного забезпечення

Взаємодія із СКБД

Так як у рамках виконання даної магістерської дисертації було обрано мову програмування Python та фреймворк Django, було проаналізовано існуючі бази даних. Серед них було обрано реляційну базу даних PostgreSQL, оскільки вона швидко обробляє запити та легко масштабується, що є важливим фактором при розробці даного програмного забезпечення.

Для взаємодії між Django та PostgreSQL було обрано бібліотеку `psycopg2`. Вона є однією із найпопулярніших для організації такої взаємодії, зручною та стабільною. Вона була розроблена мовою програмування C на основі бібліотеки `libpq` та продовжує активно розвиватися.

`Psycopg2` виступає драйвером для PostgreSQL, що взаємодіє із програмним забезпеченням на Python. Цей драйвер застосовується у багатопоточних системах і має власний набір підключень, яким управляє. Ключовою характеристикою даної бібліотеки є те, що при використанні типу даних PostgreSQL, вона автоматично перетворює їх у об'єкти мовою програмування Python, що значно прискорює швидкість розробки програмного забезпечення.

Схема бази даних

Для реалізації розроблюваного програмного забезпечення було створено 6 таблиць, зв'язаних між собою. Серед них 5 є головними:

- `HistoricalData`;
- `PricesChecked`;
- `ConfidenceIntervals`;
- `Forecasts`;
- `Signals`.

Також було створено допоміжну таблицю `Historical&Checked`, яка реалізує зв'язок Many-to-Many між таблицями `HistoricalData` та `PricesChecked`.

Схему бази даних зображено на рис. 3.2.

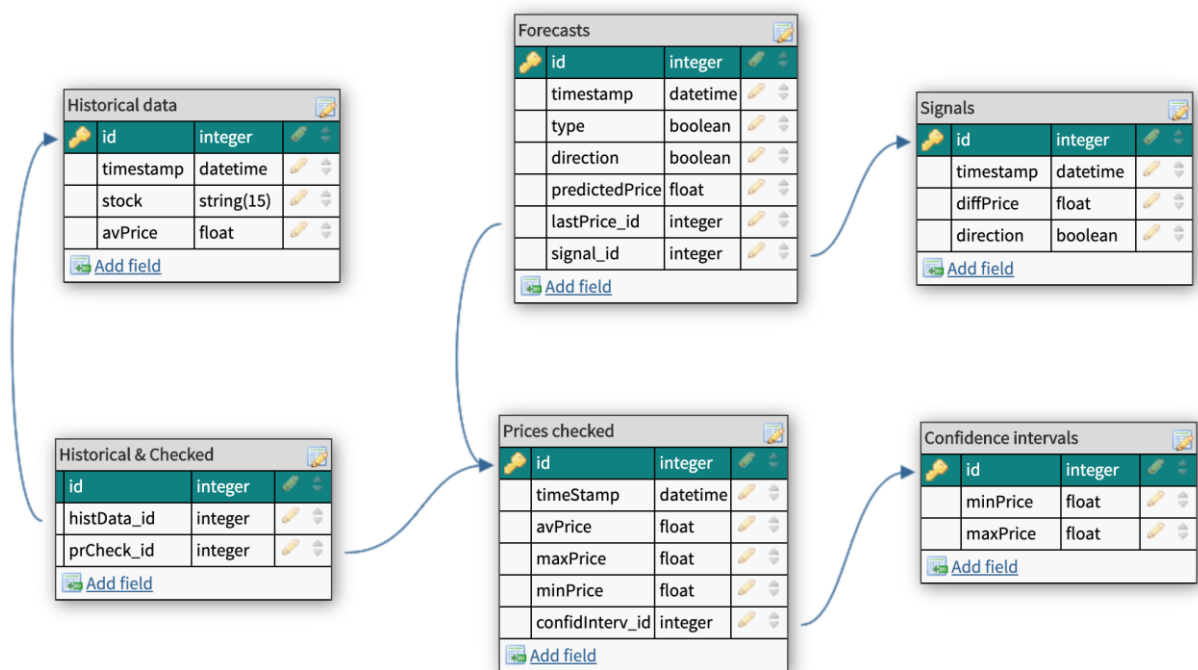


Рис. 3.2. Схема бази даних

HistoricalData

Таблиця, що містить у собі список усіх отриманих даних за весь час із різних бірж. По кожній біржі спочатку вираховується середнє значення курсу і потім зберігається у базу даних. Більш детальну інформацію про назви полів та типи даних, що розміщуються в них, наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Поля таблиці HistoricalData

<i>Назва поля</i>	<i>Тип даних</i>
id	Integer, primary key, AUTOINCREMENT
timestamp	Datetime
stock	String (max – 15 symbols)
avPrice	Float

PricesChecked

Дана таблиця містить у собі виключно перевірені достовірні значення курсу, що вже були загреговані із різних бірж. Вказуються максимальне, мінімальне та середнє значення. Більш детальну інформацію про назви полів та типи даних, що розміщуються в них, наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Поля таблиці PricesChecked

<i>Назва поля</i>	<i>Тип даних</i>
id	Integer, primary key, AUTOINCREMENT
timestamp	Datetime
avPrice	Float
minPrice	Float
maxPrice	Float
confidInterv_id	Integer (Foreign key of ConfidenceIntervals)

ConfidenceIntervals

У цій таблиці зберігається список усіх визначених довірчих інтервалів. Більш детальну інформацію про назви полів та типи даних, що розміщуються в них, наведено у табл. 5.

Поля таблиці ConfidenceIntervals

<i>Назва поля</i>	<i>Тип даних</i>
id	Integer, primary key, AUTOINCREMENT
minPrice	Float
maxPrice	Float

Signals

Таблиця Signals містить у собі список зафіксованих сигналів про різку зміну напрямку руху курсу на криптовалютному ринку. Значення різниці вираховується модулем різниці між максимальним/мінімальним значенням та найближчим крайнім значенням із довірчого інтервалу. Напрямок руху може бути у одному із двох варіантів: TRUE – зростання, FALSE – спадання. Більш детальну інформацію про назви полів та типи даних, що розміщуються в них, наведено у табл. 6.

Поля таблиці Signals

<i>Назва поля</i>	<i>Тип даних</i>
id	Integer, primary key, AUTOINCREMENT
timestamp	Datetime
diffPrice	Float
direction	boolean

Forecasts

У даній таблиці зберігаються дані про здійснені прогнозування. Тип прогнозування може бути або TRUE – прогнозування за допомогою класу моделей ARIMA, або FALSE – прогнозування на базі зафіксованих сигналів про зміну напрямку руху курсу на криптовалюту. Аналогічно із напрямком прогнозування: TRUE – зростає, FALSE – спадає. Більш детальну інформацію про назви полів та типи даних, що розміщуються в них, наведено у табл. 7.

Таблиця 7

Поля таблиці Forecasts

<i>Назва поля</i>	<i>Тип даних</i>
id	Integer, primary key, AUTOINCREMENT
timestamp	Datetime
predictedPrice	Float
type	Boolean
direction	Boolean
lastPrice_id	Integer (Foreign key of PricesChecked)
signal_id	Integer (Foreign key of Signals)

Historical&Checked

Як вже згадувалося раніше, дана таблиця є допоміжною, вона створює зв'язок Many-to-Many між таблицями HistoricalData та PricesChecked. Більш

детальну інформацію про назви полів та типи даних, що розміщуються в них, наведено у табл. 8.

Таблиця 8

Поля таблиці Historical&Checked

<i>Назва поля</i>	<i>Тип даних</i>
id	Integer, primary key, AUTOINCREMENT
histData_id	Integer (Foreign key of HistoricalData)
prChecked_id	Integer (Foreign key of PricesChecked)

3.2. Модуль збору даних

Оскільки за поставленими вимогами до розроблюваного програмного забезпечення дані мають надходити із декількох бірж одночасно, необхідно організувати модуль збору даних таким чином, щоб мінімізувати часові затримки і синхронізувати всі отримані дані вірно.

Збір даних із ресурсів

Оскільки фіксованим часовим проміжком було обрано 60 секунд та 5 криптовалютних бірж (див. підрозділ 2.1) було доречним уникнути реалізації взаємозв'язку із біржами за рахунок запитів. Велика кількість запитів може спричинити блокування IP-адреси сервера, що призведе до часткової втрати даних на період блокування.

Тому було прийнято рішення встановити зв'язок із криптовалютними біржами через Websocket.

Для того, щоб це зробити, було необхідно здійснити підписку на обрану криптовалюту та фіксований часовий проміжок по документації

кожної криптовалютної біржі окремо. Після цього дані зі значеннями за останні 60 секунд регулярно почали надходити із кожної біржі.

Синхронізація

Для уникнення проблем із синхронізацією даних було розроблено таку послідовність дій:

1. Коли приходить дані із першої криптовалютної біржі починається відлік у 60 секунд.
 - Якщо протягом цього часу дані із усіх бірж встигають прийти, тоді у момент отримання даних із останньої біржі, відлік зупиняється та починає свій відлік тільки після старту наступної ітерації із першою біржею. Отримані дані передаються до модулю обробки та аналізу даних.
 - Якщо час вичерпався, але не були отримані дані із усіх бірж, програмне забезпечення автоматично передає дані до модулю обробки та аналізу даних. В такому випадку також передбачено надсилання повідомлення оператору даного програмного забезпечення із застереженням про відсутність отриманих даних із конкретної криптовалютної біржі.

3.3. Модуль обробки та аналізу даних

Після отримання даних до модулю обробки та аналізу даних, розроблене програмне забезпечення усереднює отримані значення по кожній криптовалютній біржі окремо.

Далі створюється об'єкт класу `HistoricalData` і заповнюється відповідними параметрами:

- `timestamp` – часова помітка, підтягується із отриманих даних з біржі;
- `stock` – назва криптовалютної біржі із якої були отримані ці дані;
- `avPrice` – усереднений курс криптовалюти по біржі.

Після створення даних об'єктів для кожної біржі окремо, вони передаються до бази даних та зберігаються там.

Наступним кроком є перевірка даних на достовірність (див. підрозділ 2.2). За її результатами створюється об'єкт класу PriceChecked та при наявності різкої зміни напрямку руху курсу криптовалюти – також об'єкт Signal.

У об'єкті класу PriceChecked вказуються такі параметри:

- timestamp – часова помітка, обирається остання («найсвіжіша») помітка із отриманих даних;
- avPrice – середній курс серед достовірних даних по усім криптовалютним біржам;
- minPrice – мінімальний курс серед достовірних даних по усім криптовалютним біржам;
- maxPrice – максимальний курс серед достовірних даних по усім криптовалютним біржам.
- За умови наявності різкого спадання чи зростання курсу також формується об'єкт класу Signal із такими параметрами:
 - timestamp – часова помітка, дублюється із тільки що створеного об'єкту PriceChecked;
 - diffPrice – значення різниці, вираховується як модуль від різниці між максимальним/мінімальним значенням та найближчим крайнім значенням із довірчого інтервалу;
 - direction – напрям руху курсу, може бути одним із двох варіантів: TRUE – зростання, FALSE – спадання.

Після створення об'єкту класу Signal він надсилається на зберігання до бази даних, об'єкт класу PriceChecked ще не зберігається.

Далі йде процес побудови довірчого інтервалу (див. підрозділ 2.2), за результатами якого створюється об'єкт ConfidenceInterval із такими параметрами:

- minPrice – нижнє крайнє значення довірчого інтервалу;
- maxPrice – верхнє крайнє значення довірчого інтервалу.

Після формування об'єкт надсилається на збереження до бази даних, після чого він вказується як Foreign key у полі confidInterv_id об'єкту класу PriceChecked, створеного раніше. Після цього процесу останній зберігається у базі даних.

До наступного модулю прогнозування передаються такі об'єкти: PriceChecked та Signal за наявності.

3.4. Модуль прогнозування

У випадку, коли було зафіксовано різку зміну напрямку руху курсу на криптовалютному ринку та сформовано відповідний об'єкт класу Signal, розроблене програмне забезпечення автоматично створює об'єкт класу Forecast із такими параметрами:

- timestamp – часовий показник, дублюється із отриманого об'єкту класу PriceChecked;
- predictedPrice – курс прогнозу, що базується на отриманому значенні diffPrice об'єкту класу Signal;
- type – FALSE, оскільки не застосовується клас моделей ARIMA для прогнозування;
- direction – напрямок руху курсу, дублюється із отриманого об'єкту класу Signal;
- lastPrice_id – додається Foreign key до об'єкту класу PriceChecked;
- signal_id – додається Foreign key до об'єкту класу Signal.

У випадку, коли до модулю прогнозування не було передано об'єкт класу Signal, це означає, що стрімких зростань чи спадань курсу не спостерігалось і відповідно можна запускати процес прогнозування за допомогою класу моделей ARIMA.

Першим етапом даного процесу є проходження тесту доповненого Дікі-Фуллера. Оскільки обраною мовою програмування є Python для виконання цього тесту була обрана бібліотека statsmodels, а саме пакет statsmodels.sta.stattools.adfuller. Вона є стабільною та швидкодією, що важливо для даного програмного забезпечення.

За результатами даного тесту автоматично визначається модель, за якою відбуватиметься подальший прогноз – ARIMA чи ARMA (див. підрозділ 2.3).

Після проведення прогнозування отримані результати зберігаються у новому об'єкті класу Forecast із такими параметрами:

- timestamp – часовий показник, дублюється із отриманого об'єкту класу PriceChecked;
- predictedPrice – прогнозований курс, що базується на отриманому значенні diffPrice об'єкту класу Signal;
- type – TRUE, оскільки застосовується клас моделей ARIMA для прогнозування;
- direction – напрямок руху курсу, визначається за рахунок порівняння отриманого результату та середнього значення курсу із об'єкту класу PriceChecked;
- lastPrice_id – додається Foreign key до об'єкту класу PriceChecked;
- signal_id – None.

Після цього об'єкт класу Forecast зберігається у базі даних та надсилається повідомлення оператору розробленого програмного забезпечення про готовність результатів прогнозування.

3.5. Висновки до розділу

Отже, у даному розділі було детально розглянуто архітектуру розробленого програмного забезпечення, а саме:

- описано загальну архітектуру програмного забезпечення та продемонстровано яким чином працює модель MVT в рамках даного програмного забезпечення;
- уточнено особливості організації взаємодії між сервером та СКБД, обрана бібліотека – psycorg2;
- представлено схему розробленої бази даних та описано кожну з таблиць більш детально.

Основними модулями у розробленому програмному забезпеченні є:

- модуль збору даних;
- модуль обробки та аналізу отриманих даних;
- модуль прогнозування.

По кожному із цих модулів було конкретизовано етапи, на яких мають створюватися та оновлюватися об'єкти відповідних класів із врахуванням усіх необхідних параметрів, запускати відповідні функції. Також було вказано додаткові бібліотеки, які застосовувались для спрощення розробки.

4. АНАЛІЗ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1. Критерії оцінки та аналіз ефективності оптимізованого способу

Метою дослідження було розроблення оптимізованого способу автоматизації технічного аналізу і прогнозування курсу на криптовалютному ринку та відповідна реалізація даного способу у вигляді розробленого програмного забезпечення.

Основним критерієм ефективності створеного оптимізованого способу є точність прогнозування, а саме максимальне наближення спрогнозованого значення курсу криптовалюти до реального значення, отриманого із криптовалютної біржі.

Другим важливим критерієм є мінімізація часових затримок у розробленому оптимізованому способі, оскільки він враховує більше деталей, ніж звичайний класичний спосіб.

Звичайним класичним способом вважається такий що:

- отримує дані лише з однієї криптовалютної біржі;
 - у наведеному порівнянні було обрано криптовалютну біржу Binance, оскільки вона є найпопулярнішою і найвірогідніше дасть достовірні дані щодо курсу криптовалюти;
- не використовує жодних способів обробки отриманих даних та одразу передає їх на прогнозування;
- для прогнозування завжди використовує модель прогнозування ARIMA незалежно від чинників.

У рамках даного порівняння ефективності роботи двох способів є важливим те, що у випадку оптимізованого способу при кожній ітерації із новими отриманими даними масив із історичними даними оновлюється відповідно до останнього значення курсу отриманого за фіксований проміжок часу та за умови перевищення ліміту значень у масиві – видаляється найстаріше значення курсу. Для проведення даного порівняння

було обрано ліміт значень у розмірі 150 значень. В той же час за класичним способом усі історичні отримані дані приймають участь у обробці та прогнозуванні

Оскільки дані, над якими велася робота більші за одиницю, для оцінки точності прогнозування було обрано середню абсолютну похибку, яку можна розрахувати за наступною формулою:

$$q = \frac{|x_r - x_f|}{x_r}, \quad (4.1)$$

де x_r – реальне отримане значення курсу криптовалюти, x_f – прогнозоване значення курсу криптовалюти, q – середня абсолютна похибка.

Відповідно до отриманої похибки розраховувалася точність прогнозування за формулою:

$$a = 1 - q, \quad (4.2)$$

де q – середня абсолютна похибка, a – точність прогнозування.

Для вимірювання часу, витраченого на ітерацію автоматизованого технічного аналізу та прогнозування відповідно класичним способом та оптимізованим способом, була використана стандартна бібліотека мови програмування Python – time. Включена у даній бібліотеці функція time.clock повертає процесорний час, витрачений на виключно на обробку відповідних функцій, що дозволяє отримувати точні результати щодо часових затримок під час використання того чи іншого способу.

Для оцінки ефективності роботи автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку оптимізованим способом та класичним способом було використано історичні дані за відповідну кількість фіксованих проміжків: 20, 40, 60, 80, 120, 180 та 360. Дані були обрані таким чином, щоб містили усі типи співвідношень значень курсу, які можуть продемонструвати різні ситуації: стандартні часові ряди із наявністю стрімких стрибків зростання чи спадання курсу криптовалюти (виключно історичні дані отримані із криптовалютних бірж).

Результати порівняння ефективності роботи даних способів наведено у табл. 9.

Таблиця 9

Результати аналізу ефективності розробленого оптимізованого способу

Кількість фіксованих проміжків часу	Автоматизований аналіз та прогнозування оптимізованим способом		Автоматизований аналіз та прогнозування класичним способом	
	Точність прогнозування	Час, секунди	Точність прогнозування	Час, секунди
20	0,77	0,88	0,76	0,82
40	0,82	0,93	0,76	0,87
60	0,87	1,07	0,74	1,01
80	0,86	1,10	0,76	1,05
120	0,89	1,22	0,76	1,13
180	0,88	1,25	0,8	1,25
360	0,91	1,31	0,8	1,49

Як видно із наведеної таблиці оптимізований спосіб автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку показує вищі показники точності прогнозування, ніж класичний спосіб. При цьому оптимізований спосіб, хоч і є складнішим, але не створює критичних часових затримок, а саме:

- 20 проміжків часу:
 - точність прогнозу на 0,01 вища;
 - часова затримка 0,06 секунди;
- 40 проміжків часу:
 - точність прогнозу на 0,06 вища;
 - часова затримка 0,06 секунди;
- 60 проміжків часу:

- точність прогнозу на 0,13 вища;
- часова затримка 0,06 секунди;
- 80 проміжків часу:
 - точність прогнозу на 0,1 вища;
 - часова затримка 0,05 секунди;
- 120 проміжків часу:
 - точність прогнозу на 0,13 вища;
 - часова затримка 0,09 секунди;
- 180 проміжків часу:
 - точність прогнозу на 0,08 вища;
 - часова затримка менше 0,01 секунди;
- 360 проміжків часу:
 - точність прогнозу на 0,11 вища;
 - часова затримка відсутня.

На рис. 4.1 наведено графік із порівнянням точності прогнозування двох способів: оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютних ринках і класичного способу.

Із наведених таблиці та графіку видно, що при отриманій кількості фіксованих проміжків більше ніж 40, оптимізований спосіб показує себе як ефективний та той, що може використовуватися для створення більш точних прогнозувань замість класичного способу.

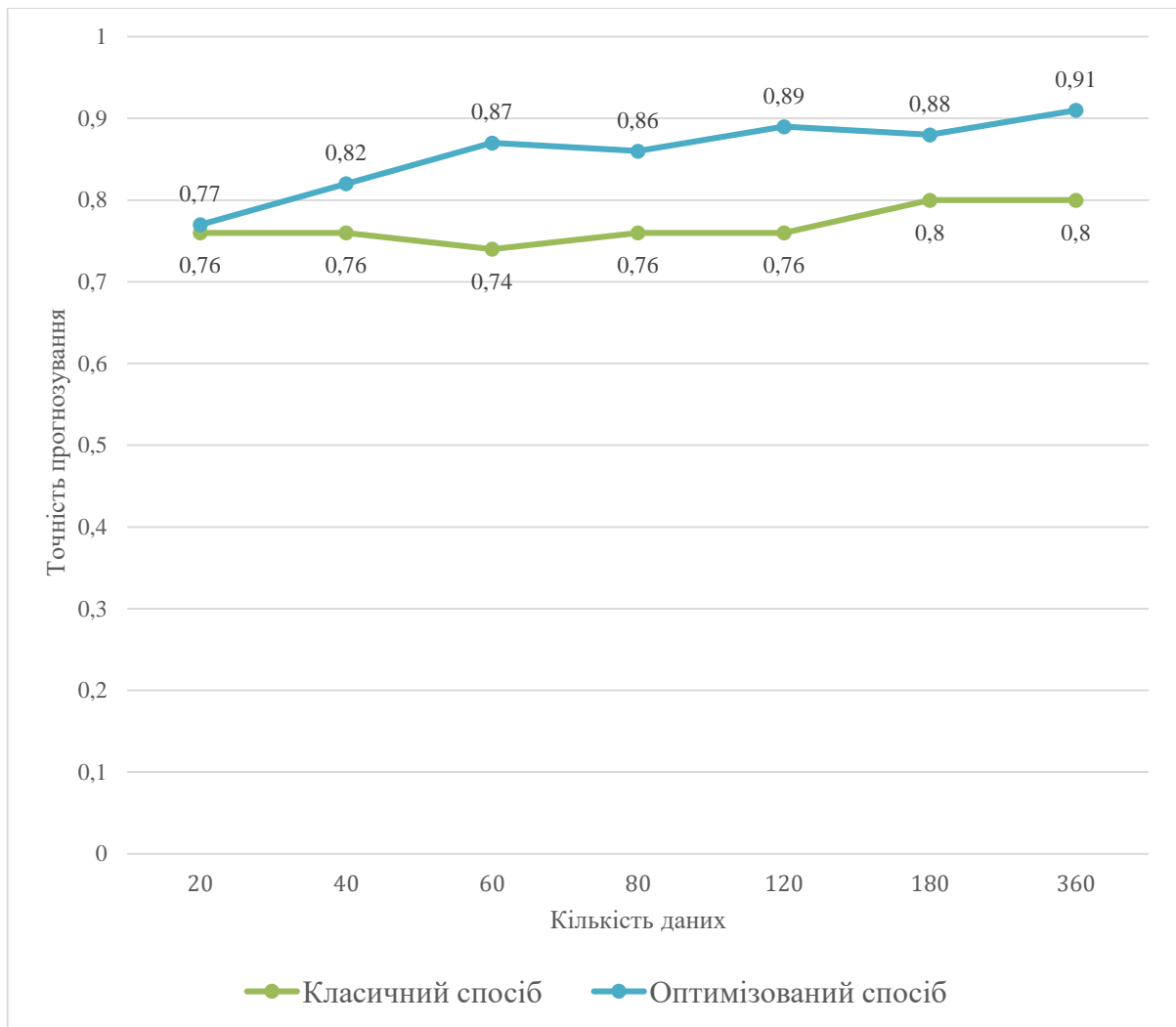


Рис. 4.1. Графік порівняння точності прогнозування класичного та оптимізованого способів

4.2. Тестування та аналіз розробленого програмного забезпечення

Оскільки тестування програмного забезпечення є невід’ємною частиною процесу його розробки, воно проводилося на кожному його етапі.

Розроблене програмне забезпечення можна поділити на такі основні модулі:

- модуль збору даних;
- модуль обробки та аналізу отриманих даних;
- модуль прогнозування.

Тестування модулю збору даних

Одним із ключових процесів у модулі збору даних є організація стабільного безперебійного з'єднання розробленого програмного забезпечення із криптовалютними біржами, оскільки воно працює у режимі реального часу і навіть незначні часові затримки можуть суттєво вплинути на результат прогнозування.

Для тестування була запущена максимальна кількість з'єднань водночас (10 з'єднань) та запущено спеціальну функцію, яка відслідковувала своєчасність отримання даних із криптовалютних бірж.

Не менш важливою є правильна синхронізація отриманих даних про курс криптовалюти за останній фіксований проміжок часу. Для тестування даного блоку були використані як реальні дані, що надходили із криптовалютних бірж так і ті, що генерувалися розробленим програмним забезпеченням у різні часові проміжки із метою перевірити правильність роботи функції.

Тестування модулю обробки та аналізу отриманих даних

Модуль обробки та аналізу отриманих даних містить у собі такі основні процеси:

- агрегація даних отриманих по кожній біржі окремо;
- перевірка даних на достовірність та виключення зайвих значень;
- побудова довірчого інтервалу для наступної ітерації;
- агрегація достовірних даних із усіх бірж та їх збереження, у випадку наявності різких змін напрямку руху курсу криптовалюти формування відповідного сигналу, що буде застосований при подальшому прогнозуванні.

Кожен із цих етапів було протестовано за допомогою Unit тестування. Для цього на вхід до функції подавалися тестові дані та очікувався певний результат. При співпадінні усіх очікуваних результатів та розрахованих системою, тест вважався пройденим успішно.

У випадку, коли відбувалася взаємодія із СКБД, аналогічно здійснювалася перевірка: за допомогою Unit тесту запускалася обрана функція, що надсилала запит на зберігання до бази даних заздалегідь підготовлені дані. Далі одразу ж запускалася функція із отриманням даних із бази даних. При успішному виконанні всіх вищезазначених функцій та співпадінні реальних даних із очікуваними, тестування вважалося успішно виконаним.

Тестування модулю прогнозування

Для тестування модуль прогнозування курсу на криптовалютному ринку було розділено на дві частини:

1. Тестування етапів, що відбуваються під час прогнозування у випадку отримання після обробки та аналізу даних, у яких відсутній сигнал про різкий стрибок вгору або вниз курсу криптовалюти.
2. Тестування прогнозування, що відбувається при наявності вищезгаданого різкого стрибка.

У першому випадку за допомогою Unit тестування були розглянуті та за необхідності виправлені такі процеси:

- функція, що перевіряє часовий ряд на стаціонарність;
- розподілення моделей ARMA та ARIMA в залежності від отриманого результату перевірки часового ряду на стаціонарність;
- правильність результатів прогнозування за допомогою відповідної моделі із класу моделей ARIMA.

У другому випадку аналогічно за допомогою Unit тестування було перевірено правильність генерації прогнозованого значення.

Обробка помилок

При нестабільності роботи програмного забезпечення або його складових частин чи виникненні помилок, програмне забезпечення проходило через повторний перегляд усіх функцій, виправлялось та повторно тестувалось. Розроблене програмне забезпечення, що реалізує

оптимізований спосіб автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку, корегувалось до тих пір поки 95% тестів були пройдені успішно.

Аналіз програмного забезпечення

Відповідно до вимог, що були заявлені у першому розділі даної магістерської дисертації, до програмного забезпечення, що має реалізувати оптимізований спосіб, розроблене програмне забезпечення:

- автоматично виконує збір даних із різних бірж водночас;
- агрегує та синхронізує за часом отримані дані по кожній біржі окремо;
- здійснює перевірку даних на достовірність, відсіює недостовірні значення;
- формує сигнали про різку зміну напрямку руху курсу при наявності;
- здійснює прогнозування на основі оновлених даних;
- надає результати прогнозування.

Оскільки усі поставлені вимоги до розроблюваного програмного забезпечення були виконані, можна вважати дане програмне забезпечення готовим до переходу до наступного етапу розвитку.

4.3. Вдосконалення розробленого програмного забезпечення

Розроблене програмне забезпечення покриває мінімальні вимоги, необхідні для автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку.

Однак для подальшого вдосконалення розробленого програмного забезпечення слід розглянути такі варіанти подальшого розвитку:

- продовження роботи над оптимізацією самої реалізації запропонованого способу для зменшення часових затримок;

- вдосконалення оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування для збільшення точності прогнозувань, врахування інших технічних факторів;
- створення зручного інтерфейсу для користувача, яке б дозволило проводити більшу кількість варіацій прогнозувань за рахунок таких можливостей:
 - динамічна зміна криптовалютних бірж, із яких надходять дані про курс криптовалют;
 - обрання фіксованого часового періоду для отримання даних;
 - можливість брати історичні дані із обраної біржі за обраний проміжок часу.

4.4. Висновки до розділу

У даному розділі було розглянуто критерії оцінки розробленого оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку. Серед них було виділено два головних: збільшення якості прогнозувань та мінімізація часових затримок у порівнянні із класичним способом прогнозування – із постійним використанням моделі ARIMA.

Також у даному розділі було продемонстровано ефективність роботи розробленого способу у порівнянні із класичним використанням моделі ARIMA при прогнозуванні. Результати роботи оптимізованого способу виявили кращі показники щодо точності прогнозування, ніж класичний спосіб та при цьому мінімальні часові затримки, що незначно впливають на загальну швидкодію програмного забезпечення.

Було детально розглянуто процеси тестування у кожному із модулів розробленого програмного забезпечення, а також процес обробки помилок.

До подальших вдосконалень розробленого програмного забезпечення рекомендується:

- робота над мінімізацією часових затримок;
- збільшення показника точності прогнозування за рахунок врахування додаткових технічних деталей;
- створення зручного користувацького інтерфейсу, щоб мати можливість проводити різні типи прогнозувань у більш зручному форматі.

Отже, розроблений спосіб оптимізує використання моделей класу ARIMA при прогнозуванні за умови виникнення різких стрибків курсу криптовалюти, показуючи вищу точність прогнозування із незначними часовими затримками. На базі розробленого оптимізованого способу було релазовано програмне забезпечення автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку. Воно було успішно протестовано, проаналізовано та винесено певні рекомендації для його подальшого вдосконалення.

5. ПОБУДОВА БІЗНЕС-МОДЕЛІ

5.1. Опис проблеми

Криптовалютні біржі активно розвиваються, щороку з'являються нові види криптовалют. Об'єм даних, що постійно оновлюється, є надзвичайно великим і збільшується із кожною секундою. Оброблення такої кількості інформації у ручному режимі не є можливим, через що застосовуються різні способи для автоматизації роботи із криптовалюти курсом.

Автоматизація процесів отримання даних, їх обробки, аналізу та подальшого прогнозування курсу на криптовалютному ринку є однією з найактуальніших тем на сьогодні.

На даний момент прогнозування найчастіше виконується вручну професійними трейдерами. Через це впливає одна з основних проблем у процесі прогнозування руху криптовалютного курсу: висока вартість, оскільки необхідно виплачувати заробітну плату працівникам, утримувати офіси і робочі місця. Також, є необхідність сплачувати використання додаткових сервісів для порівняння існуючих прогнозів та винесення рішення щодо вірогідності їх вірності. До додаткових витрат відноситься і оплата серверів для обробки великої кількості даних у реальному часі.

Також прогнозування курсу на криптовалютному ринку є доволі складним процесом. Оскільки у ньому найчастіше приймає участь людина, прогнозування може бути суб'єктивним та не враховувати усі можливі деталі. Оскільки криптовалютний ринок має високу волатильність, відсутні чіткі правила, за якими можна визначати прогноз, що спричиняє додаткові складності у даному процесі.

Окрім прогнозування вручну, є можливість виконувати отримання даних, їх обробку, аналіз та подальше прогнозування за допомогою автоматизації. Існуюче програмне забезпечення найчастіше представлене у вигляді веб-застосунку та доступне для використання лише після оплати послуг сервісу, що надає дане програмне забезпечення. У зв'язку із цим

потенційний користувач не може заздалегідь випробувати якість прогнозувань від відповідного сервісу, хоча це є необхідним. Звідси впливають ще дві найчастіші проблеми: якість прогнозувань напряму залежить від способу, що використовується у програмному забезпеченні та часові затримки існуючих автоматичних прогнозувань, що є критично важливим для вчасного виконання операції із криптовалютною біржею відповідно до прогнозування курсу.

Отже, є необхідність у створенні програмного забезпечення, що автоматизує процес отримання великої кількості даних, їх обробки, аналізу та подальшого прогнозування із максимальною вірогідністю правильності прогнозу, та за мінімальний термін часу для підтримання актуальності самого прогнозу.

Усі вищезазначені проблеми можна узагальнити у схемі «Дерево проблем», яка зображена на рис. 5.1.

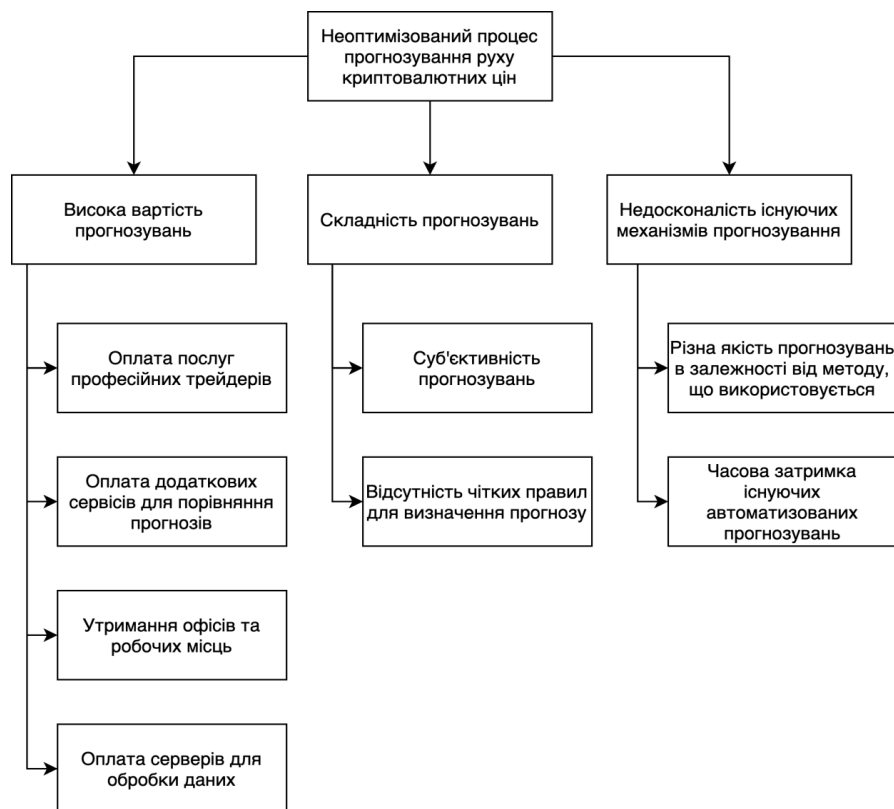


Рис. 5.1. Дерево проблем

5.2. Зацікавлені сторони

У вирішенні вищезазначених проблем є декілька зацікавлених сторін.

Найголовнішою зацікавленою стороною є самі криптовалютні біржі, що надають своїм користувачам можливість заробляти на трейдингу. Їм необхідно максимально автоматизувати процес обробки існуючої історичної статистики та створення нових прогнозувань, які вони зможуть рекомендувати своїм користувачам. Чим вірогідніший та швидший прогноз вони отримують, тим більше попит на їх послуги.

Також існує багато сервісів, які надають підписки на користування своїм програмним забезпеченням, найчастіше у вигляді веб-додатку (криптоботів). Також вони отримують відсоток від отриманого за допомогою їх криптоботів прибутку користувачів. Їх інтересом являється оптимізація якості та швидкості роботи програмного забезпечення, що вони надають. Чим вдалішою буде статистика прибутків їх клієнтів, тим більше матеріальних засобів у відсотковому відношенні від цих прибутків вони отримуватимуть та відповідно матимуть більшу кількість користувачів.

Третьою зацікавленою стороною у створенні вищезазначеного програмного забезпечення є криптотрейдери. Це надасть їм можливість автоматизувати процес отримання прибутку та прогнозів із високою вірогідністю правильності.

У табл. 10 узагальнено список зацікавлених сторін, їх інтересів щодо використання розроблюваного програмного забезпечення, вплив на процес та стратегії їх приваблення.

Таблиця 10

Зацікавлені сторони

<i>Зацікавлена сторона</i>	<i>Інтерес зацікавленої сторони</i>	<i>Вплив зацікавленої сторони</i>	<i>Стратегії приваблення зацікавлених сторін</i>
Криптовалютні біржі	Створення додаткового попиту на свої послуги. Автоматизована обробка статистики та створення прогнозів.	Високий	Проведення презентацій із демонстрацією роботи та отриманими результатами, участь у тематичних конференціях, виставках та форумах.
Сервіси із криптоботами	Оптимізація якості та швидкості роботи криптоботів, що надаються сервісом.	Середній	
Криптотрейдери	Отримання автоматизованого прибутку.	Середній	

5.3. Комерційне рішення. Основні характеристики

Відповідно до вищезазначених проблем та інтересів зацікавлених сторін, можна визначити основні характеристики кінцевого продукту.

Дане програмне забезпечення буде представлене у вигляді веб-додатку із розгорнутим API, що надає можливість автоматизувати процес отримання даних із криптовалютних бірж, їх обробки, аналізу та відповідно

прогнозування із максимальною вірогідністю правильності прогнозу за мінімальні терміни у режимі реального часу.

Для самих криптотрейдерів він буде представлений у вигляді веб-додатку із зручним інтерфейсом, графічним зображенням руху курсу і його прогнозування, та налаштуваннями для подальшої можливості під'єднання даного програмного забезпечення до обраної криптовалютної біржі та здійснення операцій. Таким чином індивідуальні криптовалютні трейдери у майбутньому матимуть можливість повністю автоматизувати процес прогнозування та виконання операцій на криптовалютних біржах за допомогою розроблюваного програмного забезпечення.

Для криптовалютних бірж та сервісів, що надають у користування спеціалізоване програмне забезпечення (криптоботів), розроблюване програмне забезпечення матиме вигляд сервісу із розгорнутою технічною документацією. Вони матимуть можливість підключитися до даного сервісу через API та отримувати усю необхідну інформацію щодо прогнозування курсу на криптовалютному ринку. Таким чином, розроблюване програмне забезпечення буде максимально зручним для інтегрування із різними сервісами та криптовалютними біржами, що допоможе пришвидшити процес прогнозування та уникнути додаткових часових затримок.

5.4. Конкурентні переваги рішення

Так як вже зазначалося раніше, на криптовалютних біржах найчастіше прогнозування виконують професійні криптовалютні трейдери. Для цього криптовалютні біржі утримують офіси та робочі місця, та виплачують заробітну плату. Розроблюване програмне забезпечення надасть автоматизований спосіб прогнозування курсу на криптовалютному ринку, що зменшить витрати на утримання даних працівників. Також такі біржі зможуть підвищити вірогідність правильності короткотермінових прогнозів і зменшити часові затримки, що надасть їх користувачам можливість своєчасного виконання операцій та отримання максимального прибутку.

Сервіси, що надають у платне використання криптовалютних ботів, зможуть підвищити якість виконання прогнозів та мінімізувати часові затримки, використовуючи API розроблюваного програмного забезпечення.

Індивідуальні криптовалютні трейдери отримають універсальний інструмент у вигляді веб-додатку із графіками курсу, прогнозами у режимі реального часу та налаштуваннями, що дозволять їм у подальшому автоматизувати виконання операцій на пряму із обраними криптовалютними біржами.

Отже, конкурентними перевагами розроблюваного програмного забезпечення у вигляді веб-додатку із відкритим розгорнутим API є:

1. Оптимізація процесу аналізу курсу та подальшого прогнозування – підвищення вірогідності правильності прогнозу за допомогою розробленого способу та мінімізація часових затримок.
2. Обробка даних із різних криптовалютних бірж та їх усереднення для максимальної достовірності прогнозування.
3. Оптимізація сервісу як для роботи із індивідуальними криптовалютними трейдерами – у вигляді веб-додатку із графіками курсу, прогнозами у режимі реального часу, тощо; так і для роботи із криптовалютними біржами та сервісами, що надають у платне користування криптоботів – у вигляді відкритого API із розгорнутою технічною документацією для максимального спрощення інтеграції.
4. Зниження вартості отримання прогнозу для криптовалютних бірж, де прогнозування руху криптовалютного курсу виконується вручну.

5.5. Клієнти. Сегменти ринку споживання

Як вже зазначалося вище, однією із найбільш зацікавлених сторін є криптовалютні біржі. Існує чотири типи криптовалютних бірж, а саме:

- централізовані (CEX – centralized exchange);
- децентралізовані (DEX – decentralized exchange);
- крипто обмінники;
- крипто обмінники із вбудованим криптовалютним гаманцем.

Оскільки використання розроблюваного програмного забезпечення передбачає роботу із повноцінною криптовалютною біржею, слід звернути увагу на перші два типи: централізовані та децентралізовані.

Централізовані криптовалютні біржі виступають у якості посередників під час усього процесу проведення торгів. Вони зберігають кошти користувачів, виконують торгові операції, а в кінці процедури можуть самі придбати криптовалютні кошти. Новачкові на таких біржах легко починати працювати, оскільки такі біржі практично повністю керують усім процесом торгів. До того ж у них досить зрозумілий для не пристосованого користувача інтерфейс. У багатьох добре розвинена система технічної підтримки користувачів.

Відомі централізовані біржі:

- Kraken;
- Binance;
- Bittrex.

Децентралізовані або peer-to-peer (P2P) криптовалютні біржі не належать окремій компанії, а розміщуються в розподіленій мережі. Якщо знаходяться відповідний продавець і покупець для торгівлі, вони обмінюються коштами безпосередньо через зовнішній портфель замовлень і внутрішній розрахунок, або через інтерактивний контракт. Значною перевагою такого типу бірж є те, що комісійні збори відсутні на відміну від

централізованих криптовалютних бірж. Однак, такий тип підходить лише професійним трейдерам, які розуміють всі процеси.

Відомі децентралізовані біржі:

- Hodl Hodl;
- Bisq;
- LocalBitcoins.

Враховуючи особливості обох вищезазначених типів бірж, дане програмне забезпечення більше підходить для використання у централізованих криптовалютних біржах, оскільки вони спрямовані на новачків, які будуть зацікавлені у рекомендаціях, стосовно прогнозувань. Також операції не обмежені існуванням пари «покупець-продавець», біржа сама викупає або продає криптовалютні кошти при необхідності одразу ж після запиту операції від користувача.

Також клієнтами можуть бути сервіси, що надають у платне користування криптоботів. Розроблюване програмне забезпечення матиме розгорнуту технічну документацію та відкрите API для максимальної зручності процесу інтеграції із такими криптоботами чи криптовалютними біржами.

Індивідуальні криптовалютні трейдери також можуть стати клієнтами. Для цього розроблюване програмне забезпечення має версію веб-додатку із зручним інтерфейсом, графіками курсу, прогнозами у режимі реального часу та налаштуваннями, що дозволять їм у подальшому автоматизувати виконання операцій на пряму із обраними криптовалютними біржами.

Отже, для співпраці найбільш перспективними є централізовані криптовалютні біржі та сервіси, що надають у користування своїх криптоботів. Для B2B співпраці із ними надаватиметься API сервісу із технічною документацією. Також важливими клієнтами можуть бути індивідуальні криптовалютні трейдери. Для B2C співпраці із ними буде

створено веб-додаток зі зручним інтерфейсом та вищеперерахованими функціями.

5.6. Унікальна ціннісна пропозиція

Унікальна ціннісна пропозиція пояснює те, як продукт вирішує проблему зацікавлених сторін.

У підрозділі 5.1 було визначено основні проблеми та побудовано дерево проблем. У підрозділі 5.2 було визначено головні зацікавлені сторони та їх інтереси у розробці даного програмного забезпечення.

Сервіси, що надають у користування криптоботів зацікавлені у прискоренні та оптимізації процесу отримання прогнозів для підвищення прибутків. Криптовалютні біржі, де часто професійні криптовалютні трейдери виконують прогнози вручну зацікавлені у автоматизації процесу аналізу та прогнозування. Індивідуальні криптовалютні трейдери хочуть отримати зручний інструмент для автоматизації їх роботи. Дійсно, запропоноване програмне забезпечення вирішує головні проблеми та задовольняє інтереси зацікавлених сторін. Воно автоматизує процес отримання даних, їх обробки, аналізу та подальшого прогнозування із максимальною вірогідністю правильності короткочасного прогнозування за мінімальний термін часу. Також воно має дві окремі версії: сервіс з API із технічною документацією для B2B співпраці, та веб-додаток із зручним інтерфейсом для B2C співпраці.

Отже, основною унікальною ціннісною пропозицією є розроблений оптимізований спосіб технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку, що дозволяє отримати максимально вірогідне короткочасне прогнозування та мінімізувати часові витрати. Однією із головних переваг є орієнтованість на клієнта та надання однієї з двох версій програмного забезпечення залежно від типу співпраці.

5.7. Доходи і витрати

Мінімальні витрати, які необхідно передбачити для успішної реалізації розроблюваного програмного забезпечення:

- проведення детального аналізу ринку та створення маркетингової стратегії – оплата послуг спеціалістів;
- заробітна плата команди розробників, що складається із: проектного менеджера, двох бекенд-розробників, одного фронтенд-розробника, дизайнера, devops-інженера, технічного ліда;
- оплата послуг юриста, бухгалтера та прибиральниці;
- заробітна плата служби підтримки під час процесу введення програмного забезпечення в експлуатацію;
- утримання офісу та робочих місць, оплата комунальних послуг, Інтернету;
- підтримання технічного устаткування;
- податки.

Сумарний дохід складається із оплати користування сервісом через два типи співпраці B2B та B2C.

B2B співпраця починається з моменту укладення договору на надання у користування розроблюваного сервісу, що надає прогнози. Надання підписки

B2C співпраця організовується двома можливими варіантами:

1. Користувач використовує веб-додаток лише для отримання прогнозів. Для цього йому потрібно мати річну підписку (або продовжувати її щомісяця).
2. Користувач використовує веб-додаток як повноцінний інструмент для автоматизованого отримання прибутку включаючи проведення операцій (у майбутньому). Тоді сервіс знімає комісію із кожного отриманого прибутку користувача.

Детальніше ознайомитися із витратами на реалізацію вищезазначеного програмного забезпечення та подальшими запланованими прибутками можна у табл. 11.

Таблиця 11

Витрати на реалізацію

	Зарплата, тисяч \$	Інші витрати, тисяч \$	Сума витрат, тисяч \$	Заплановані прибутки, тисяч \$	Результат (без урахування оподаткування), тисяч \$
1-ий місяць	2	1	3	—	-3
2-ий місяць	20	4	24	—	-24
3-ий місяць	20	4	24	—	-24
4-ий місяць	20	4	24	—	-24
5-ий місяць	20	4	24	—	-24
6-ий місяць	20	4	24	—	-24
7-ий місяць	24	4	28	40	12
8-ий місяць	24	4	28	50	22
9-ий місяць	24	4	28	80	52
10-ий місяць	24	4	28	80	52

11-ий місяць	24	4	28	80	52
12-ий місяць	24	4	28	80	52
Загальні результати	246	45	291	410	119

5.8. Бізнес-модель

Враховуючи усі вищезгадані пункти можна сформувати таку бізнес-модель у вигляді lean canvas.

Споживачі: централізовані криптовалютні біржі, сервіси із криптоботами, індивідуальні криптовалютні трейдери.

Проблема: низька якість та швидкість прогнозів; людський фактор, суб'єктивізм та високі витрати у разі ручного прогнозування.

Рішення: програмне забезпечення у вигляді веб-додатку із відкритим API для отримання даних, їх обробки, аналізу та подальшого прогнозування.

Унікальна ціннісна пропозиція: програмне забезпечення, що реалізує оптимізований спосіб технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку; дві версії програмного забезпечення залежно від типу співпраці.

Потоки доходів: доходи від підписок, доходи у вигляді комісії від отриманих прибутків.

Структура витрат: утримання команди розробників (виплата заробітних плат, соціальних виплат); утримання служби підтримки після введення в експлуатацію (виплата заробітних плат, соціальних виплат); плата за оренду офісу, підтримання технічного устаткування, оплата комунальних послуг та Інтернету; оплата послуг юриста, бухгалтера, прибиральниці; оплата послуг маркетолога.

Також в канву бізнес-моделі включаються структурні блоки: прихована перевага (перевага, яку неможливо скопіювати або купити), ключові метрики (основні показники, що вимірюються) та канали (шляхи до користувачів).

Канали: через відділи співпраці для B2B, через соціальні мережі та спеціалізовані презентації для B2C.

Ключові метрики: кількість проданих підписок та їх термін дії, прибуток користувачів.

Прихована перевага: мінімізація часових затримок.

Бізнес-модуль можна побачити у табл. 12.

Отже, можна дійти висновку, що запропонований проект, що реалізує описаний у дисертації оптимізований спосіб автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку, є перспективним та матеріально доцільним для подальшої реалізації.

Канва бізнес-моделі

Проблема	Рішення	Унікальна ціннісна пропозиція	Прихована перевага	Споживачі
низька якість та швидкість прогнозів; людський фактор, суб'єктивізм та високі витрати у разі ручного прогнозування.	програмне забезпечення у вигляді веб-додатку із відкритим API для отримання даних, їх обробки, аналізу та подальшого прогнозування.	програмне забезпечення, що реалізує оптимізований спосіб технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютно му ринку; дві версії програмного забезпечення залежно від типу співпраці.	мінімізація часових затримок.	централізовані криптовалютні біржі, сервіси із криптоботами, індивідуальні криптовалютні трейдери.
	Ключові метрики кількість проданих підписок та їх термін дії, прибуток користувачів.		Канали через відділи співпраці для B2B, через соціальні мережі та спеціалізовані презентації для B2C.	
Структура витрат утримання команди розробників (виплата заробітних плат, соціальних виплат); утримання служби підтримки після введення в експлуатацію (виплата заробітних плат, соціальних виплат); плата за оренду офісу, підтримання технічного устаткування, оплата комунальних послуг та Інтернету; оплата послуг юриста, бухгалтера, прибиральниці; оплата послуг маркетолога.			Потоки доходів доходи від підписок, доходи у вигляді комісії від отриманих прибутків.	

5.9. Висновки до розділу

У даному розділі було проведено аналіз існуючої ситуації із аналізом та прогнозуванням курсу на криптовалютному ринку. Було виявлено проблеми та відповідно створено дерево проблем. Також було визначено зацікавлені сторони, їх інтереси у потенційному використанні розроблюваного програмного забезпечення. Відповідно до цього було сформовано комерційне рішення із основними характеристиками кінцевого продукту та його конкурентними перевагами, що вирішують вищезазначені проблеми та орієнтовані на зацікавлені сторони. Згідно цього було визначено унікальну ціннісну пропозицію та проведено аналіз майбутніх клієнтів, досліджено сегменти ринку споживання. Це дало можливість спрогнозувати можливі майбутні доходи та витрати для реалізації та початку введення в експлуатацію даного програмного забезпечення. Як результат, була створена бізнес-модель, що обґрунтовує доцільність створення даного програмного забезпечення із перспективної та матеріальної точок зору.

ВИСНОВКИ

Криптовалютний ринок розширяється із кожним днем. З'являються нові криптовалюти та біржі, на яких вони можуть бути розміщені та розміняні. Відповідно і зростають обсяги даних, які потрібно збирати, обробляти та аналізувати для використання у подальшому прогнозуванні.

Основною метою даної магістерської дисертації була розробка оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалюти для підвищення показника точності прогнозування з мінімальними часовими затримками, та програмного забезпечення, що його реалізує.

У першому розділі було розглянуто існуючі способи збору та прогнозування курсу криптовалют, які використовуються при наданні консалтингових послуг з прогнозування курсу криптовалют. Також було виявлено фактори, що можуть впливати на прогнозування курсу криптовалют.

Основними вимогами стали: розробка способу верифікації вхідних даних для прогнозування курсу криптовалют; оптимізація моделей класу ARIMA при виникненні різких стрибків курсу валют; створення програмного забезпечення, що:

- автоматично виконує збір даних із різних бірж водночас;
- агрегує та синхронізує за часом отримані дані по кожній біржі окремо;
- здійснює перевірку даних на достовірність, відсіює недостовірні значення;
- формує сигнали про різку зміну напрямку руху курсу при наявності;
- здійснює прогнозування на основі оновлених даних;
- надає результати прогнозування.

У другому розділі було детально викладено розроблений оптимізований спосіб. Було розглянуто такі етапи як: збір та верифікація даних (вибір криптовалютних бірж для отримання даних, обрання фіксованого проміжку часу та визначення способу синхронізації даних); обробка та аналіз отриманих даних (виключення недостовірних даних, побудова довірчого інтервалу, агрегація даних та за необхідності фіксація сигналу про різку зміну напрямку руху курсу криптовалюти); прогнозування даних (у випадку відсутності різких стрибків курсу: перевірка часового ряду на стаціонарність та визначення моделі прогнозування: ARMA чи ARIMA, у випадку наявності різкого стрибка: створення прогнозу на основі отриманих даних про нього).

У третьому розділі було представлено особливості реалізації розробленого програмного забезпечення, що реалізує оптимізований спосіб технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют. Було описано архітектуру розробленого програмного забезпечення; організацію взаємозв'язку із обраною СКБД; показано та деталізовано схему бази даних із відповідними таблицями та зв'язками між ними; по кожному із розроблених модулів було конкретизовано етапи, на яких мають створюватися та оновлюватися об'єкти відповідних класів із врахуванням усіх необхідних параметрів, запускатися відповідні функції. Також було вказано додаткові бібліотеки, які застосовувались для спрощення розробки.

У четвертому розділі було наведено критерії оцінки розробленого оптимізованого способу і продемонстровано ефективність роботи розробленого способу у порівнянні із класичним використанням моделі ARIMA при прогнозуванні. Результати роботи оптимізованого способу виявили кращі показники щодо точності прогнозування, ніж класичний спосіб та при цьому мінімальні часові затримки, що незначно впливають на загальну швидкодію програмного забезпечення. Також було детально розглянуто процеси тестування у кожному із модулів розробленого

програмного забезпечення; процес обробки помилок; рекомендовано подальші вдосконалення.

У п'ятому розділі було проведено аналіз існуючого криптовалютного ринку, виявлено проблеми та відповідно створено дерево проблем. Також було визначено зацікавлені сторони, їх інтереси у потенційному використанні розробленого програмного забезпечення; сформовано комерційне рішення із основними характеристиками кінцевого продукту та його конкурентними перевагами; визначено унікальну ціннісну пропозицію; проведено аналіз майбутніх клієнтів; досліджено сегменти ринку споживання. Це дало можливість спрогнозувати можливі майбутні доходи та витрати для реалізації та початку введення в експлуатацію даного програмного забезпечення. Як результат, була створена бізнес-модель, що обґрунтовує доцільність створення даного програмного забезпечення із перспективної та матеріальної точок зору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Jaideep Kaur, Kamaljit Kaur.: Internet of Things: A Review on Technologies, Architecture, Challenges, Applications, Future Trends. IJCNIS 9 (4), 57-70 (2017).
2. Aroosa Umair, Ureeba Ashfaq, Muhammad Gufran Khan.: Recent Trends, Applications, and Challenges of Brain-Computer Interfacing (BCI).IJISA 9(2), 58-65 (2017).
3. Coleman, L.: Bitfinex's Lesson: Has the Time for Regulation Arrived?. Cryptocoins News [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.cryptocoinsnews.com/bitfinexs-lesson-has-the-time-for-regulation-arrived/> — (04.09.20).
4. Hansen, J. D.: Virtual Currencies: International Actions and Regulations. [Електронний ресурс] // Perkins Coie — Режим доступу: <https://www.perkinscoie.com/en/news-insights/virtual-currencies-international-actions-and-regulations.html> — (05.09.20).
5. Voorhees, E.: The True Cost of Bitcoin Transactions [Електронний ресурс] / E. Voorhees // Bitcoin Journal — Режим доступу: <http://bitcoin.xyz/erik-voorhees-true-cost-bitcoin-transactions-2>. — (05.09.20).
6. Investors Underground: Introduction to Technical Analysis [Електронний ресурс] // Investors Underground — Режим доступу: <https://www.investorsunderground.com/technical-analysis/> — (05.09.20).
7. Thuy Nguyen Thi Thu, Vuong Dang Xuan.: Supervised Support Vector Machine in Predicting Foreign Exchange Trading. IJISA 10 (9), 48-56 (2018).
8. Advantages and Disadvantages of Machine Learning Language [Електронний ресурс] // DataFlair — Режим доступу: <https://data-flair.training/blogs/advantages-and-disadvantages-of-machine-learning>. — (06.09.2020).

9. Gerasymov, O.: Machine Learning for time series forecasting [Электронный ресурс] / O. Gerasymov // CodeIT — 2020 — Режим доступа: <https://codeit.us/blog/machine-learning-time-series-forecasting>. — (15.09.20)
10. Hamza, A.: Forecasting Future Prices of Cryptocurrency using Historical Data [Электронный ресурс] / A. Hamza // Towards data science — 2019 — Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/forecasting-future-prices-of-cryptocurrency-using-historical-data-83604e72bc68>. — (19.09.20).
11. Catania L., Grassi S., Ravazzolo F.: Forecasting Cryptocurrencies Financial Time Series [Электронный ресурс] // Biopen — Режим доступа: https://biopen.bi.no/bitstream/handle/11250/2489408/WP_CAMP_5_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=yes — (20.09.20).
12. Basheer M. Al-Maqaleh, Abduhakeem A. Al-Mansoub, Fuad N. Al-Badani.: Forecasting using Artificial Neural Network and Statistics Models. IJEME 6 (3), 20-32 (2016).
13. Purkayastha, S.: Top 10 Best Crypto Exchange API: Binance, Poloniex and Bittrex [Электронный ресурс] / S. Purkayastha // Rakuten Rapid API — 2019 — Режим доступа: <https://blog.api.rakuten.net/top-10-best-crypto-exchange-apis>. — (25.09.20).
14. Abugaber, D.: Using ARIMA for Time Series Analysis [Электронный ресурс] / D. Abugaber // Learning Statistics — Режим доступа: <https://ademos.people.uic.edu/Chapter23.html>. — (05.10.20).
15. Time Series Analysis [Электронный ресурс] // A little book for time series — Режим доступа: <https://a-little-book-of-r-for-time-series.readthedocs.io/en/latest/src/timeseries.html>. — (05.10.20).
16. Hamza, A.: Exploratory Data Analysis of Cryptocurrency Historical Data [Электронный ресурс] / A. Hamza // Medium — 2019 — Режим доступа: <https://medium.com/@hamzaahmad86/exploratory-data-analysis-of-cryptocurrency-historical-data-d8ec719641e7>. — (09.10.20).

17. Brownlee, J.: How to check if Time Series Data is Stationary with Python [Электронный ресурс] / J. Brownlee // Machine Learning Mastery — 2016 — Режим доступа: <https://machinelearningmastery.com/findings-comparing-classical-and-machine-learning-methods-for-time-series-forecasting>. — (10.10.20).
18. Chaudhary, M.: Why is Augmented Dickey–Fuller test (ADF Test) so important in Time Series Analysis [Электронный ресурс] / M. Chaudhary // Medium — 2020 — Режим доступа: <https://medium.com/@cmukesh8688/why-is-augmented-dickey-fuller-test-adf-test-so-important-in-time-series-analysis-6fc97c6be2f0>. — (11.10.20).
19. Augmented Dickey-Fuller Test in Python [Электронный ресурс] // Hackdeploy — 2018 — Режим доступа: <https://www.hackdeploy.com/augmented-dickey-fuller-test-in-python>. — (11.10.20).
20. ARIMA models for time series forecasting [Электронный ресурс] // People Duke — Режим доступа: <https://people.duke.edu/~rnau/411arim.htm>. — (15.10.20).
21. ARIMA models [Электронный ресурс] // Forecasting: Principles and Practice — Режим доступа: <https://otexts.com/fpp2/arima.html>. — (15.10.20).
22. Cryptocurrency Predictions with ARIMA [Электронный ресурс] / Т. J. // Kaggle — 2017 — Режим доступа: <https://www.kaggle.com/taniaj/cryptocurrency-predictions-with-arima>. — (18.10.20).

ДОДАТКИ

Додаток 1
Копії графічних матеріалів

Загальна схема процесу обробки даних в рамках ітерації



Схема роботи процесу визначення достовірності отриманих даних про курс на криптовалютному ринку



Загальна архітектура розробленого програмного забезпечення

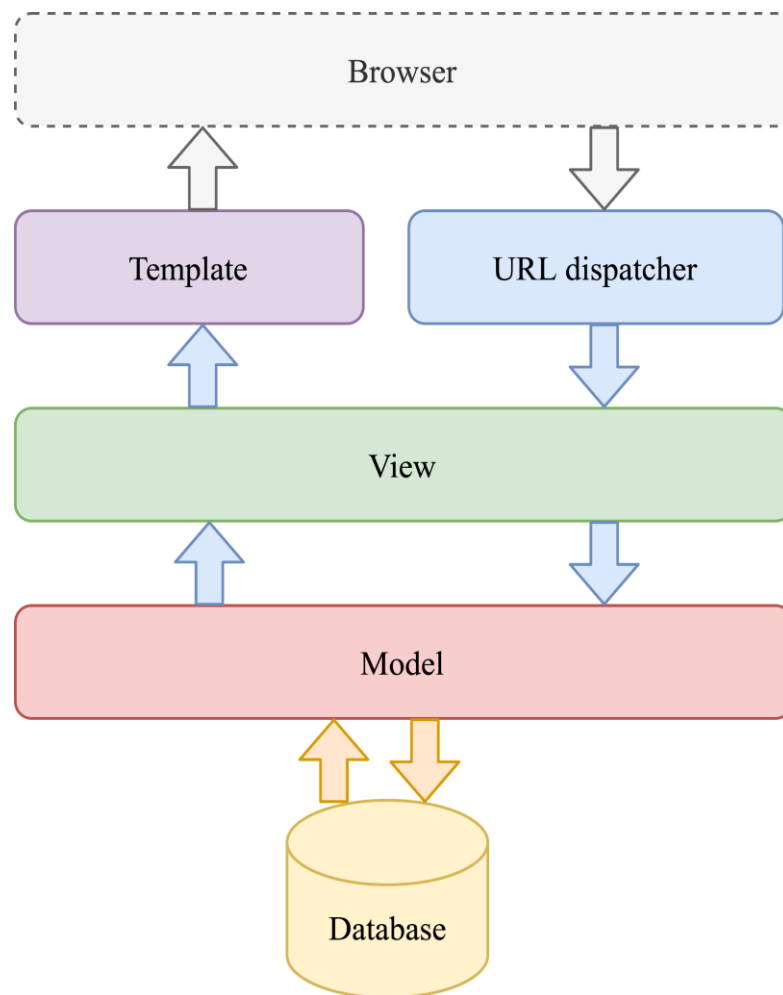
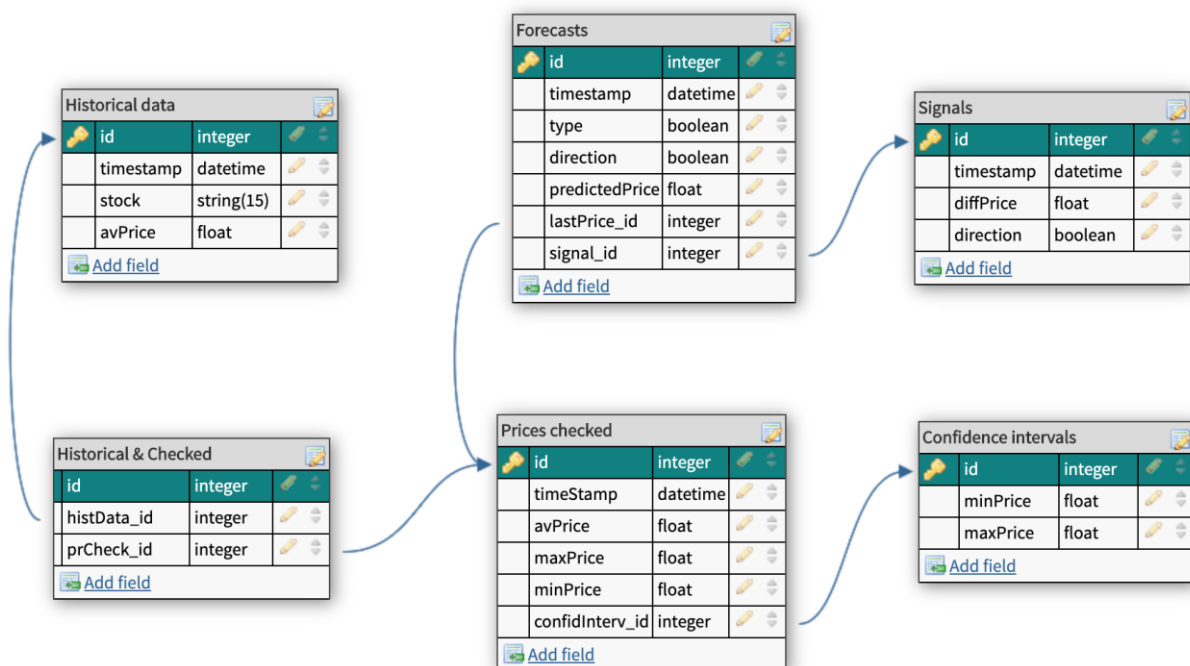
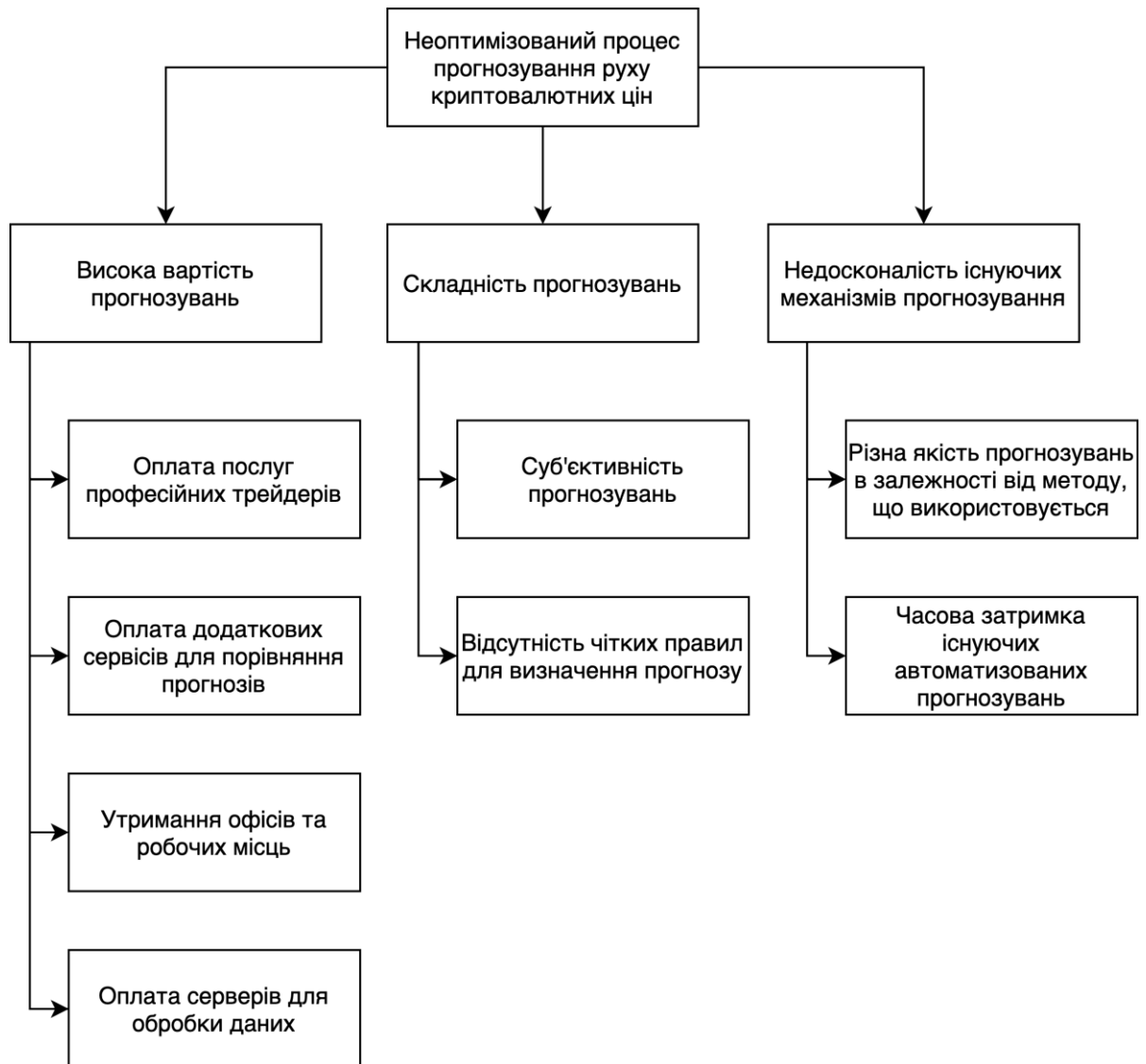


Схема бази даних



Дерево проблем



Додаток 2
Лістинг програми

Лістинг 1. Models.py

```
from django.db import models
from django.utils import timezone

class Historical_data(models.Model):
    timestamp = models.DateTimeField(default=timezone.now)
    stock = models.CharField(max_length=15)
    avPrice = models.FloatField()

class Confidence_Interval(models.Model):
    timestamp = models.DateTimeField(default=timezone.now)
    minPrice = models.FloatField()
    maxPrice = models.FloatField()

class Signal (models.Model):
    timestamp = models.DateTimeField(default=timezone.now)
    diffPrice = models.FloatField()
    direction = models.BooleanField()

class Price_checked(models.Model):
    timestamp = models.DateTimeField(default=timezone.now)
    avPrice = models.FloatField()
    minPrice = models.FloatField()
    maxPrice = models.FloatField()
    confidInterv = models.ForeignKey(Confidence_Interval,
on_delete=models.CASCADE)

class Forecast(models.Model):
    timestamp = models.DateTimeField(default=timezone.now)
    type = models.BooleanField()
    direction = models.BooleanField()
    predictedPrice = models.FloatField()
    lastPrice = models.ForeignKey(Price_checked, on_delete=models.CASCADE)
    signal = models.ForeignKey(Signal, on_delete=models.CASCADE)

class Historical_Checked(models.Model):
    hist_data = models.ForeignKey(Historical_data,
on_delete=models.CASCADE)
    pr_checked = models.ForeignKey(Price_checked, on_delete=models.CASCADE)
```

Лістинг 2. Views.py

```
from django.shortcuts import render
from .models import Historical_data
from binance.client import Client
import random
from django.http import HttpResponse
from django.http import JsonResponse
```

```

import numpy as np
import pandas as pd
from .analytics_forecasting.analyze import Analyzer
import dateparser
api_key="Z0iXnWkr8XWiFzQGcDlqQqOZHwaU5R6Ac5DI9ty8vYXPf2eW4KhnbVek9tleHpuW"
api_secret="T0lgzrSYa0hA0RGNKXW6fRlV1EuqYluPwIzo2cUph7JGZkooDBaODcDXPFw5Zipc"
client = Client(api_key, api_secret)

def get_average_from_candel (candel):
    return round(np.mean([float(candel[1]),
float(candel[2]),float(candel[3]),float(candel[4])]), 2)

def save_candels (candels):
    average_list = []
    for candel in candels:
        average_list.append( {"timestamp" : pd.to_datetime(candel[0],
unit='ms').to_pydatetime(), "avPrice" : get_average_from_candel(candel)})
        data = Historical_data(stock='Binance', timestamp=
pd.to_datetime(candel[0],
unit='ms').to_pydatetime(),avPrice=get_average_from_candel(candel))
        data.save()

def download_data():
    klines = client.get_historical_klines("BTCUSDT",
Client.KLINE_INTERVAL_1MINUTE, "1 day ago UTC")
    save_candels(klines)

def historical_data(request):
    labels = []
    data = []

    queryset = Historical_data.objects.order_by('timestamp')
    for item in queryset:
        labels.append(item.timestamp.strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S"))
        data.append(item.avPrice)
    return render(request, 'crypto_forecasting/historical_data.html',
{'labels': labels, 'data': data})

def real_time_data(request):
    labels = []
    data = []
    data_forecasted = []
    download_data()
    last_ten = Historical_data.objects.order_by('-timestamp')[:150]
    queryset = reversed(last_ten)
    for item in queryset:
        labels.append(item.timestamp.strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S"))
        data.append(item.avPrice)

    return render(request, 'crypto_forecasting/real_time_data.html',
{'labels': labels, 'data': data, 'data_forecasted':data_forecasted})

def forecast_historical(request):
    if 'start_dt' in request.GET:
        message = 'You searched for: %r' % request.GET['start_dt']
    else:
        message = 'You submitted an empty form.'
```

```

labels = []
data = []
print (request.GET['start_dt'])
start_dt = dateparser.parse(request.GET['start_dt'])
finish_dt = dateparser.parse(request.GET['finish_dt'])
queryset = Historical_data.objects.filter(timestamp__gte= start_dt,
                                         timestamp__lte=
finish_dt).order_by('timestamp')
for item in queryset:
    labels.append(item.timestamp.strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S"))
    data.append(item.avPrice)
analyzer = Analyzer()
analyzer.check_last_iteration_data(data, labels[0])

#forecasted
data2 = []
print(request.GET['start_dt'])
start_dt = dateparser.parse(request.GET['start_dt'])
finish_dt = dateparser.parse(request.GET['finish_dt'])
queryset = Historical_data.objects.filter(timestamp__gte=start_dt,

timestamp__lte=finish_dt).order_by('timestamp')
for item in queryset:
    data2.append(item.avPrice)
data2[-1] = data[-1] - 10.0

    return render(request, 'crypto_forecasting/historical_data.html',
{'labels': labels, 'data': data, 'forecasted': data2})

def forecast_online(request):
    print (request.POST.getlist('crypto_data[]'))
    return HttpResponse("processed")
def get_new_tick(request):
    data = Historical_data(stock='Binance',

avPrice=client.get_avg_price(symbol='BTCUSDT')['price'])
data.save()
item = Historical_data.objects.latest('timestamp')
date = item.timestamp.strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
price = item.avPrice

    return JsonResponse({'date': date, 'price': price, 'price2': price_2})

```

Лістинг 3. Urls.py

```

from django.urls import path
from . import views

urlpatterns = [
    path('', views.historical_data, name='historical_data'),
    path('real_time_data', views.real_time_data, name='real_time_data'),
    path('forecast_historical', views.forecast_historical,
name='forecast_historical'),
    path('forecast_online', views.forecast_online, name='forecast_online'),
    path('get_new_tick', views.get_new_tick, name='get_new_tick'),
]

```

Лістинг 4. Historical_data.html

```
{% load static %}
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title>Historical data</title>
    <link                                rel="stylesheet"
href="//maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.2.0/css/bootstrap.min.css">
    <link                                rel="stylesheet"
href="//maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.2.0/css/bootstrap-
theme.min.css">
    <link rel="stylesheet" href="{% static 'css/crypto_forecasting.css' %}">
    <script
src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.12.4/jquery.min.js"></s
cript>
    <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/momentjs/2.14.1/moment.min.js"></script>
    <script
src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.6/js/bootstrap.min.js"><
/script>
    <script                                src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/bootstrap-
datetimepicker/4.17.37/js/bootstrap-datetimepicker.min.js"></script>
    <link                                rel="stylesheet"
href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/bootstrap-
datetimepicker/4.17.37/css/bootstrap-datetimepicker.min.css">
    <link                                rel="stylesheet"
href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.6/css/bootstrap.min.css
">
    <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js@2.9.3/dist/Chart.min.js"></scrip
t>
</head>
<body>

<nav class="navbar navbar-dark" style="background-color: #3ca6ec;">
    <a class="navbar-brand" style = "color: #ffffff; padding-left: 70px;">
        <svg width="1em" height="1em" viewBox="0 0 16 16" class="bi bi-
calendar4-range" fill="currentColor" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
            </svg>
```

```

    </a>
    <span class="navbar-brand" style = "color: #ffffff; padding-left: 0px;">
        Historical data</span>
    <a class="navbar-brand" style = "color: #c4e3fa; padding-left: 50px;">
        <svg width="1em" height="1em" viewBox="0 0 16 16" class="bi bi-
        hourglass-split" fill="currentColor" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
            </svg>
        </a>
    <a class="navbar-brand" href="/real_time_data" style = "color: #c4e3fa;
    padding-left: 0px;">Real-time</a>
</nav>

<div id="container" style="width: 80%; margin-left: auto; margin-right:
auto;">
    <canvas id="line-chart"></canvas>
</div>

<script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js@2.9.3/dist/Chart.min.js"></scrip
t>
<script>

var config = {
  type: 'line',
  data: {
    datasets: [{
      data: {{ data|safe }},
      backgroundColor: '#36a2eb',
      borderColor: '#a0d2f4',
      fill: false,
      borderCapStyle: 'round',
      label: 'Historical data'
    },
    {
      data: {{ forecasted |safe }},
      backgroundColor: '#fb6b8a',
      borderColor: '#fbb2c3',
      fill: false,
      borderCapStyle: 'round',
      label: 'Forecasted'
    }
  ],
  labels: {{ labels|safe }}
}

```

```

    },
    options: {
        responsive: true
    }
};

window.onload = function() {
    var ctx = document.getElementById('line-chart').getContext('2d');
    window.myPie = new Chart(ctx, config);
};
</script>
<br><br>
<div class="container" style="width: 60%; margin-left: auto; margin-right:
auto;">
    <div class="panel">
        <div class="panel-body">
            <div class="row"><form action="forecast_historical/" method="get">
                <div class="col-md-4">
                    <div class="form-group">
                        <div class='input-group date' id='datetimepicker1'>
                            <input
                                type='text'
                                class="form-control"
placeholder="Date and time of start" name="start_dt"/>
                            <span class="input-group-addon">
                                <span class="glyphicon glyphicon-calendar"></span>
                            </span>
                        </div>
                    </div>
                </div>
                <div class='col-md-4'>
                    <div class="form-group">
                        <div class='input-group date' id='datetimepicker2'>
                            <input
                                type='text'
                                class="form-control"
placeholder="Date and time of finish" name="finish_dt"/>
                            <span class="input-group-addon">
                                <span class="glyphicon glyphicon-calendar"></span>
                            </span>
                        </div>
                    </div>
                </div>
                <div class='col-md-4'>
                    <div class="form-group">

```



```

        <button      type="submit"      class="btn      btn-outline-
danger">Forecast</button>
    </div>
</div>
</form>
</div>
</div>
</div>
</div>
<script>
    $(function () {
        $('#datetimepicker1').datetimepicker();
        $('#datetimepicker2').datetimepicker();
    });
</script>
</body>
</html>

```

Додаток 3
Копія презентації

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ



КАФЕДРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

ОПТИМІЗОВАНИЙ СПОСІБ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ

Виконала: Голяченко Анастасія Миколаївна

Науковий керівник: Ст. викладач кафедри ПЗКС, к.т.н., Люшенко Л.А.

Київ – 2020

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Мета роботи полягає у розробці оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалюти для підвищення показника точності прогнозування з мінімальними часовими затримками, та програмного забезпечення, що його реалізує.

Завдання:

1. Дослідження способів існуючих автоматизованих способів технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют та виявлення їх недоліків;
2. Розроблення оптимізованого способу автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют із урахуванням особливостей вхідних даних та знайдених недоліків у існуючих способах;
3. Реалізація і тестування розробленого способу та програмного забезпечення;
4. Проведення аналізу отриманих результатів;
5. Побудова бізнес-моделі;
6. Формування висновків.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Предмет: оптимізація автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют.

Об'єкт: способи автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют.

АКТУАЛЬНІСТЬ

- Криптовалютний ринок значно розширився за останні декілька років
- Велика кількість даних, яку потрібно постійно обробляти
 - Усі дані знаходяться у відкритому доступі
- Недоліки у існуючих рішеннях
 - низька точність прогнозувань
 - часові затримки

НЕДОЛІКИ ОСНОВНИХ УЧАСНИКІВ РИНКУ

Учасники ринку	Основні недоліки
Централізовані криптовалютні біржі	<ul style="list-style-type: none">• не відомі критерії прогнозування;• висока вартість прогнозів;• значні часові затримки.
Веб-платформи, що надають у користування програмне забезпечення	<ul style="list-style-type: none">• неможливість скористатися пробною безкоштовною версією;• не відомий реальний показник вірогідності прогнозувань.
Індивідуальні професійні трейдери або групи із ними	<ul style="list-style-type: none">• високий людський фактор;• невідомий рівень кваліфікації трейдерів.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ

- Способи, що використовуються у закритих бібліотеках, відсутні у відкритому доступі
- Найдоступніший метод (отримання даних з однієї криптовалютної біржі та одразу перехід до прогнозування):
 - дані із однієї біржі не дають повну картину про курс
 - не враховується можливість отримання недостовірних даних
 - прямий негативний вплив на прогнозування.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ

- способи із використанням машинного навчання (MLP, BNN, RBF, тощо);
- способи із використанням нейронних мереж (RNN, LSTM);
- класичні способи (Naïve, ARIMA, тощо).

АНАЛІЗ ВХІДНИХ ДАНИХ

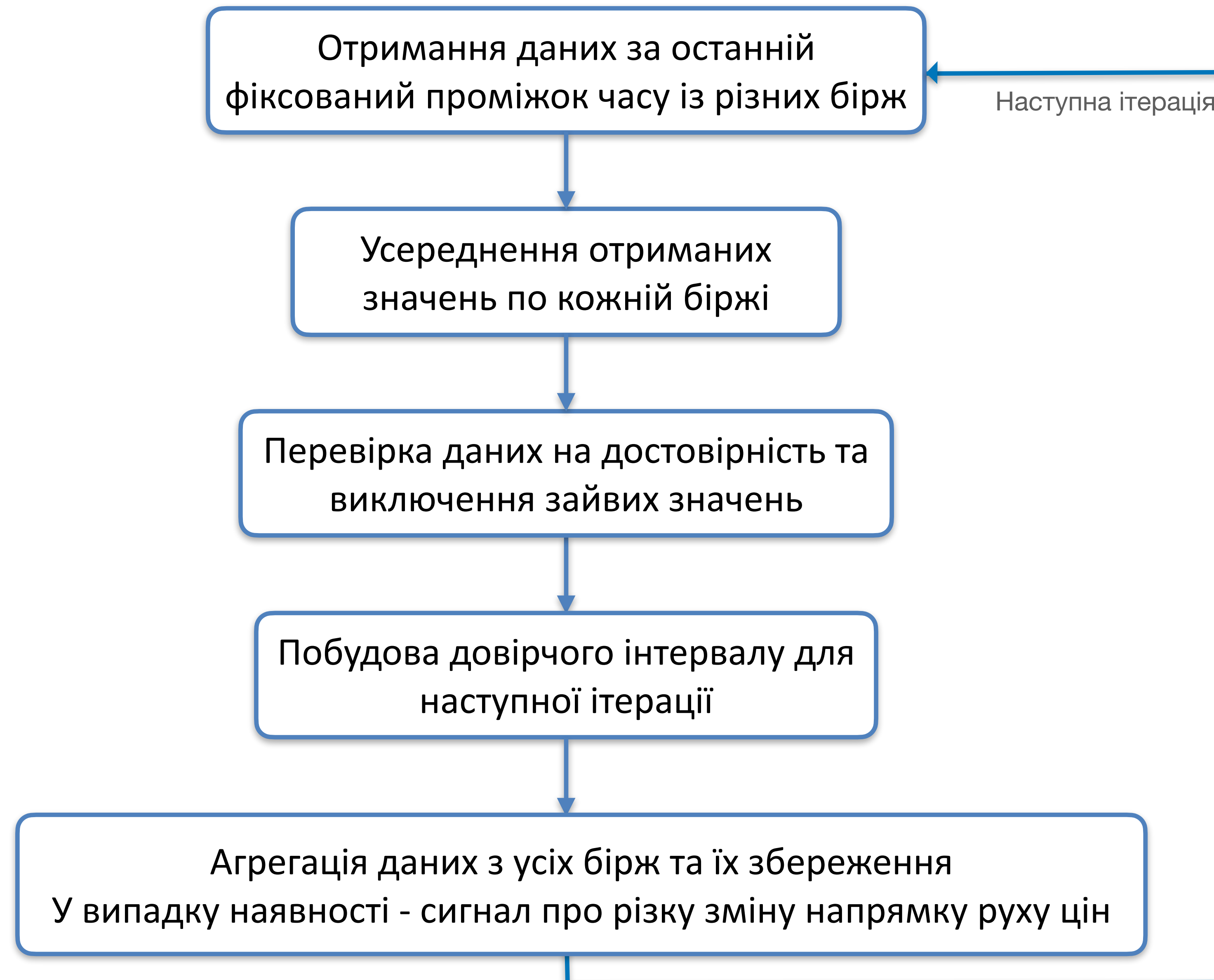
- Дані із різних бірж можуть відрізнятися між собою
- Дані можуть бути за різні часові періоди (30 сек, 1хв, 5 хв, тощо)
- Можливе отримання недостовірних даних, які потрібно виключати

ЗАПРОПОНОВАНИЙ ОПТИМІЗОВАНИЙ СПОСІБ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ

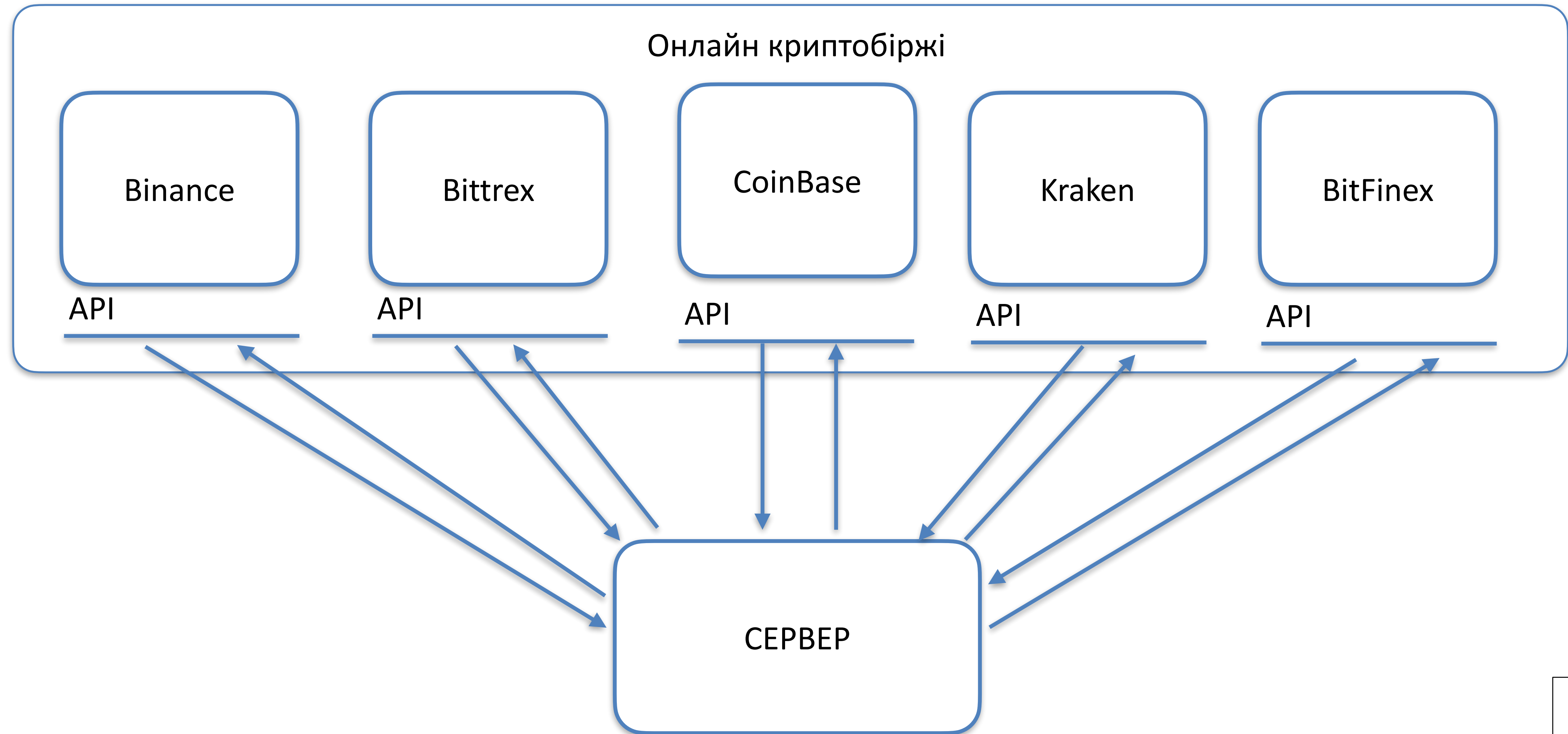
УРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВХІДНИХ ДАНИХ У РОЗРОБЛЮВАНОМУ СПОСОБІ

- Отримання даних про ціни за однаковий період часу із різних бірж водночас
- Тестування отриманих цін на достовірність за допомогою створення довірчого інтервалу курсу та формування сигналів про різкий стрибок при наявності
- Оптимізоване використання моделі ARIMA для прогнозування у випадку наявності різких стрибків курсу

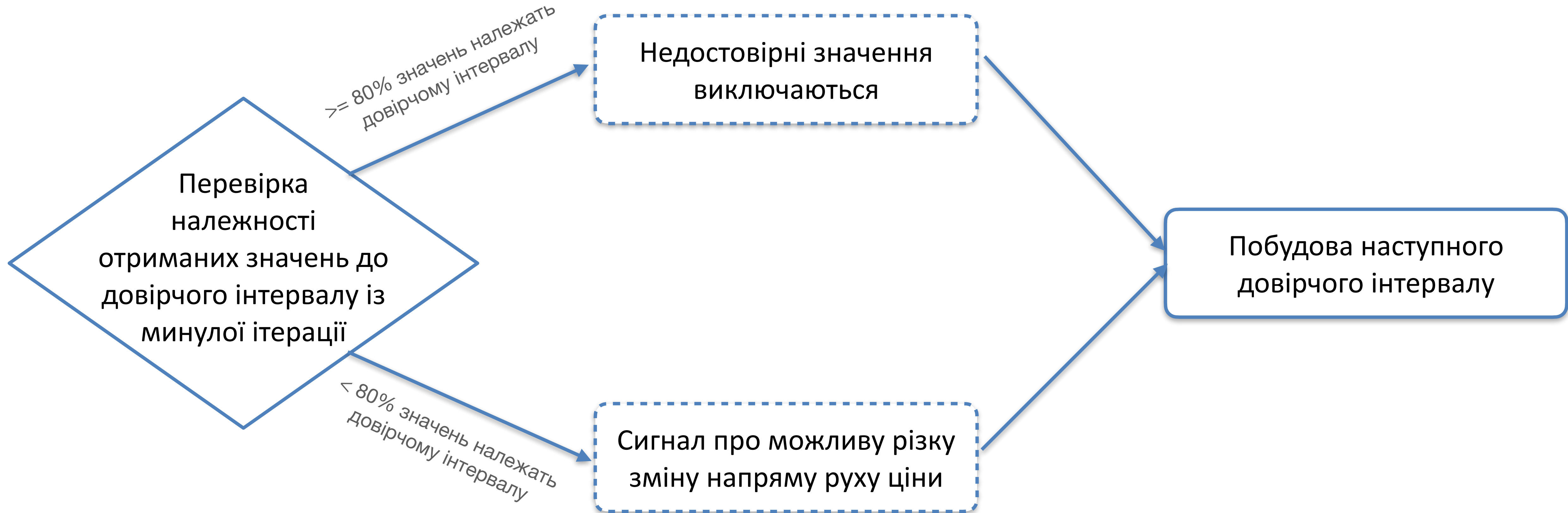
ЕТАПИ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ (ІТЕРАЦІЯ)



ЕТАПИ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ. ЗБІР ДАНИХ



ЕТАПИ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ. ТЕСТУВАННЯ ДАНИХ НА ДОСТОВІРНІСТЬ



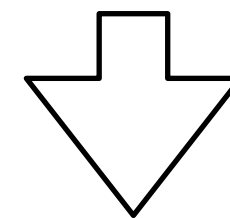
ВИМОГИ ДО ДАНИХ ГОТОВИХ ДО ПРОГНОЗУВАННЯ



Приклад вхідних даних

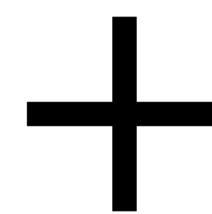
$n \left\{ \begin{array}{l} [..., [id: 4375543; timeStamp: 14.53.05; open: 15345.65; high: 15345.67; low: 15345.63; close: 15345.40], ...] \\ [..., [id: 6547386; timeStamp: 14.53.43; open: 15346.52; high: 15346.71; low: 15345.93; close: 15346.20], ...] \\ [..., [id: 4345632; timeStamp: 14.53.12; open: 15344.23; high: 15345.42, low: 15344.12; close: 15345.34], ...] \end{array} \right.$

n - кількість ресурсів



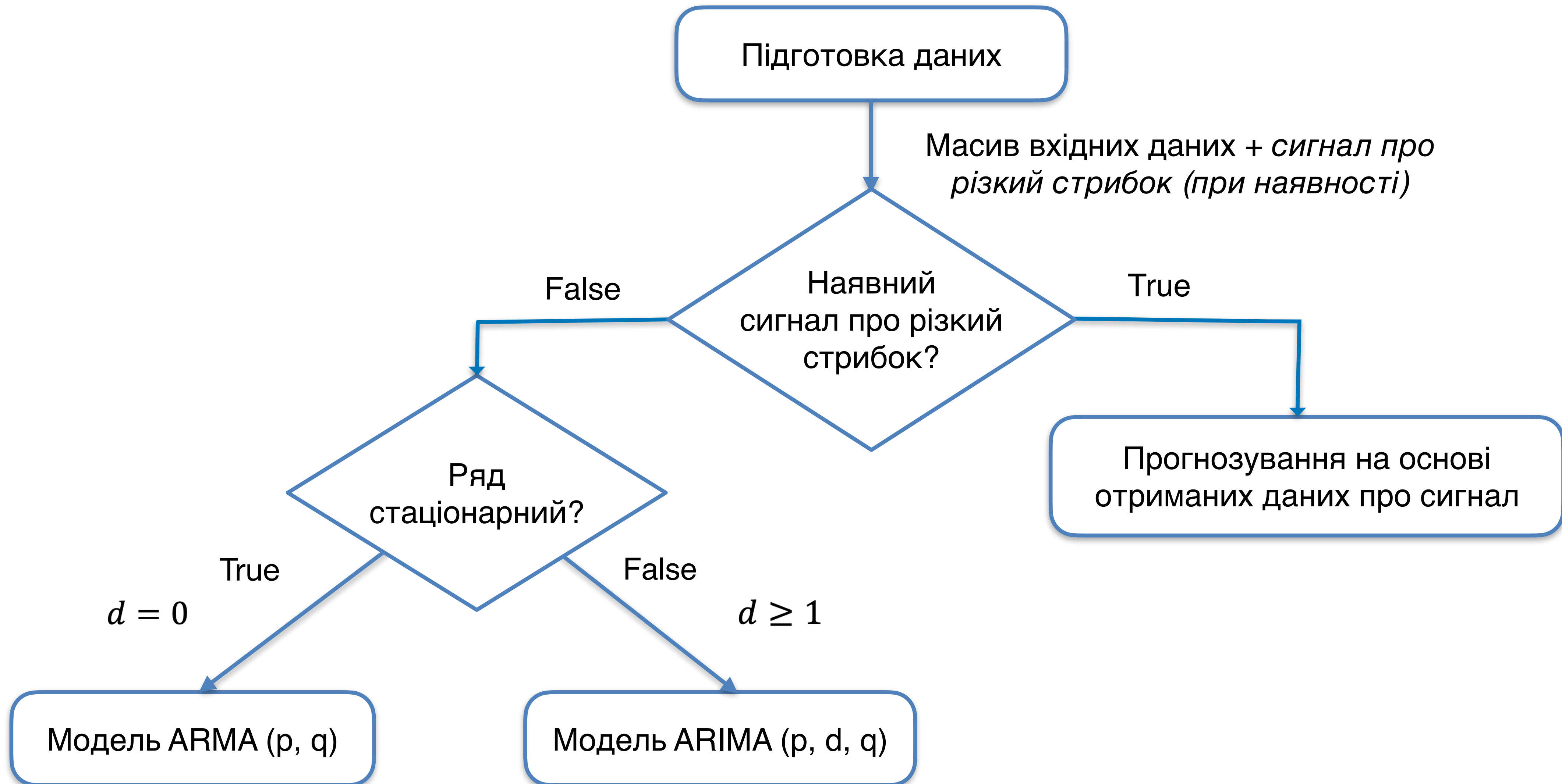
Приклад вихідних даних

$[..., [timeStamp: 14.53.20; av_value: 15345.34; min_value: 15344.12; max_value: 15346.71], ...]$



Сигнали про різку зміну напрямку руху цін
(при наявності)

ЕТАП ПРОГНОЗУВАННЯ



ЕТАП ПРОГНОЗУВАННЯ. ПЕРЕВІРКА РЯДУ НА СТАЦІОНАРНІСТЬ



- **Стаціонарність ряду**

$$m_x(t) = const \text{ та } D_x(t) = const$$

функція математичного
очікування

функція дисперсії

- **Розширений тест Дікі-Фуллера**

$p > 0.05$ — ряд нестационарний

$p \leq 0.05$ — ряд стаціонарний

**ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗІ СПОСОБОМ
ОПТИМІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА
ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ КРИПТОВАЛЮТ**

ЗАГАЛЬНА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ

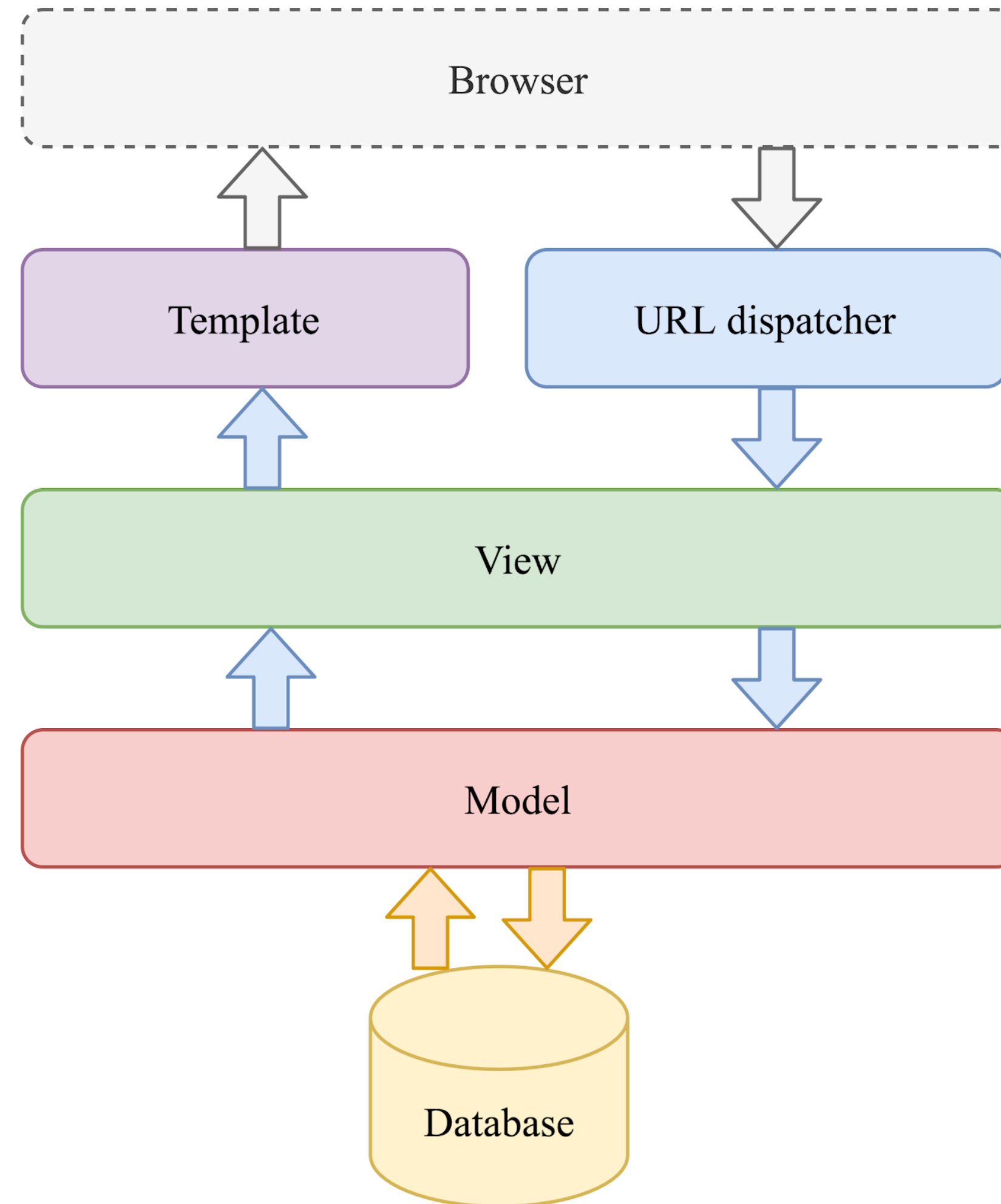


СХЕМА БАЗИ ДАНИХ

Historical data			
	id	integer	
	timestamp	datetime	
	stock	string(15)	
	avPrice	float	
Add field			

Forecasts			
	id	integer	
	timestamp	datetime	
	type	boolean	
	direction	boolean	
	predictedPrice	float	
	lastPrice_id	integer	
	signal_id	integer	
Add field			

Signals			
	id	integer	
	timestamp	datetime	
	diffPrice	float	
	direction	boolean	
Add field			

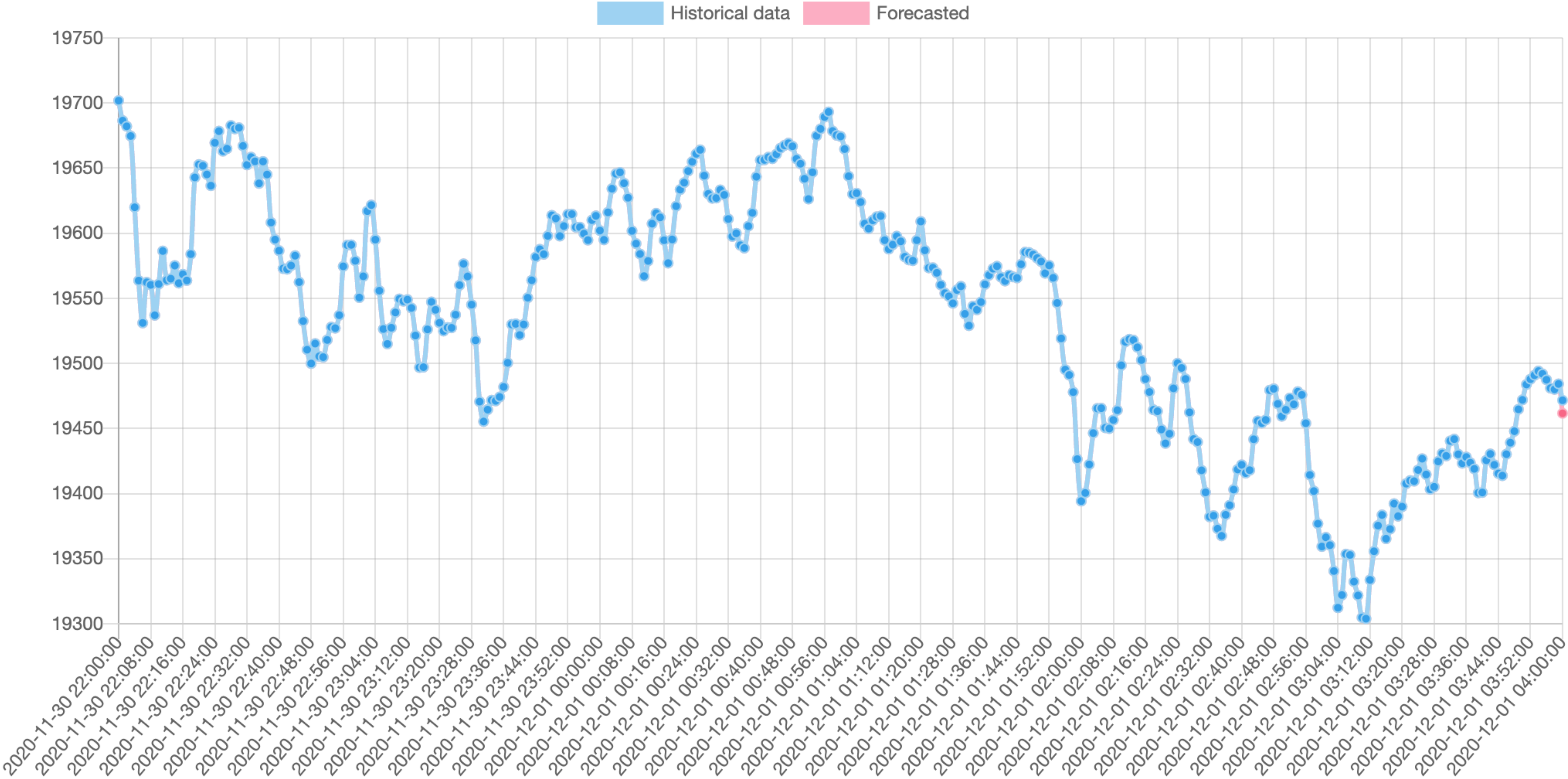
Historical & Checked			
	id	integer	
	histData_id	integer	
	prCheck_id	integer	
Add field			

Prices checked			
	id	integer	
	timeStamp	datetime	
	avPrice	float	
	maxPrice	float	
	minPrice	float	
	confidInterv_id	integer	
Add field			

Confidence intervals			
	id	integer	
	minPrice	float	
	maxPrice	float	
Add field			

АНАЛІЗ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

РЕЗУЛЬТАТ РОБОТИ АЛГОРИТМУ



КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ

- **Точність прогнозування**

$$a = 1 - q$$

$$q = \frac{|x_r - x_f|}{x_r}$$

x_r - реальне значення

x_f - спрогнозоване значення

q - абсолютна похибка

a - точність прогнозування

- **Час роботи**

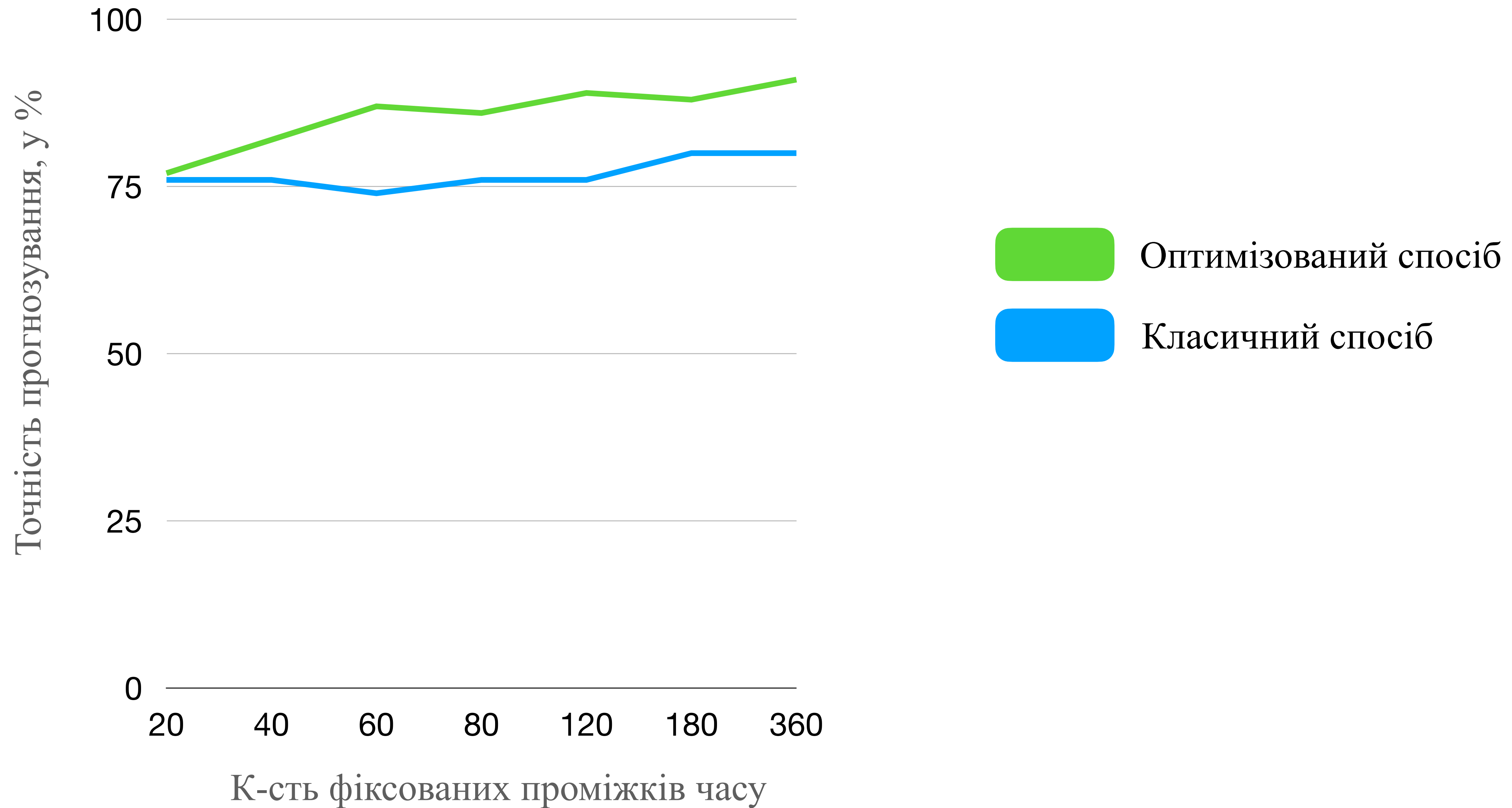
- розроблений спосіб враховує більше деталей, ніж звичайний класичний спосіб, тому є важливою мінімізація часових затримок

ПОРІВНЯННЯ ОПТИМІЗОВАНОГО ТА КЛАСИЧНОГО СПОС



Кількість фіксованих проміжків часу	Автоматизований аналіз та прогнозування оптимізованим способом		Автоматизований аналіз та прогнозування класичним способом	
	Точність прогнозування	Час, секунди	Точність прогнозування	Час, секунди
20	0,77	0,88	0,76	0,82
40	0,82	0,93	0,76	0,87
60	0,87	1,07	0,74	1,01
80	0,86	1,10	0,76	1,05
120	0,89	1,22	0,76	1,13
180	0,88	1,25	0,8	1,25
360	0,91	1,31	0,8	1,49

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ



ПОБУДОВА БІЗНЕС-МОДЕЛІ

КАНВА БІЗНЕС-МОДЕЛІ

Проблема низька якість та швидкість прогнозів; людський фактор, суб’єктивізм та високі витрати у разі ручного прогнозування	Рішення програмне забезпечення у вигляді веб-додатку із відкритим API для отримання даних, їх обробки, аналізу та подальшого прогнозування Ключові метрики кількість проданих підписок та їх термін дії, прибуток користувачів	Унікальна ціннісна пропозиція програмне забезпечення, що реалізує оптимізований спосіб технічного аналізу та прогнозування курсу на криптовалютному ринку; дві версії програмного забезпечення залежно від типу співпраці	Прихована перевага мінімізація часових затримок Канали через відділи співпраці для B2B, через соціальні мережі та спеціалізовані презентації для B2C	Споживачі централізовані криптовалютні біржі, сервіси із криптоботами, індивідуальні криптовалютні трейдери
Структура витрат утримання команди розробників (виплата заробітних плат, соціальних виплат); утримання служби підтримки після введення в експлуатацію (виплата заробітних плат, соціальних виплат); плата за оренду офісу, підтримання технічного устаткування, оплата комунальних послуг та Інтернету; оплата послуг юриста, бухгалтера, прибиральниці; оплата послуг маркетолога.			Потоки доходів доходи від підписок, доходи у вигляді комісії від отриманих прибутків	

ФІНАНСОВИЙ ПЛАН



	1-ий місяць	2-ий місяць	3-ий місяць	4-ий місяць	5-ий місяць	6-ий місяць	7-ий місяць	8-ий місяць	9-ий місяць	10-ий місяць	11-ий місяць	12-ий місяць	Загальні результати
Зарплата, тисяч \$	2	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	246
Інші витрати, тисяч \$	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	45
Сума витрат, тисяч \$	3	24	24	24	24	24	28	28	28	28	28	28	291
Заплановані прибутки, тисяч \$	-	-	-	-	-	-	40	50	80	80	80	80	410
Результат, тисяч \$	-3	-24	-24	-24	-24	-24	12	22	52	52	52	52	119

НАУКОВА НОВИЗНА

- Розроблено спосіб збору та верифікації отриманих даних із криптовалютних бірж із урахуванням особливостей цих даних, а саме: обрання стабільних бірж для встановлення зв'язку, встановлення фіксованого часового проміжку для оновлення даних про курс криптовалюти та синхронізація цих даних.
- Запропоновано спосіб обробки та аналізу отриманих даних для виключення недостовірних даних, що могли бути згенеровані зі спекулятивними цілями біржею, а також фіксування моменту, коли відбувається різкий стрибок курсу криптовалюти, що використовується у подальшому прогнозуванні.
- Запропоновано спосіб оптимізації використання класу моделей ARIMA для прогнозування. Оскільки дані моделі не надають якісного прогнозування у випадку наявності стрімких стрибків курсу криптовалюти, розроблений спосіб у разі необхідності враховує раніше зафіксовану інформацію про стрибок та використовує її для створення прогнозування замість використання класу моделей ARIMA.

ВИСНОВКИ

- Було проведено аналіз існуючих рішень та способів збору, аналізу і прогнозування курсу криптовалюти. Виявлено їх недоліки, враховано особливості вхідних даних та сформовано список актуальних задач для вирішення, а саме:
 - розробка способу верифікації вхідних даних для прогнозування курсу криптовалют.
 - оптимізація використання моделей класу ARIMA для прогнозування при виникненні різких стрибків курсу криптовалют.
 - створення програмного забезпечення, що:
 - автоматично виконує збір даних із різних бірж водночас;
 - агрегує та синхронізує за часом отримані дані по кожній біржі окремо;
 - здійснює перевірку даних на достовірність, відсіює недостовірні значення;
 - формує сигнали про різку зміну напрямку руху курсу при наявності;
 - здійснює прогнозування оптимізованим способом на основі оновлених даних;
 - надає результати прогнозування.

ВИСНОВКИ (ПРОДОВЖЕННЯ)

- Запропонований оптимізований спосіб автоматизованого технічного аналізу та прогнозування курсу криптовалют було детально описано у даній магістерській дисертації та реалізовано у вигляді програмного забезпечення відповідно до поставлених вимог.
- Розроблений спосіб та відповідне програмне забезпечення було протестовано, проаналізовано та винесено рекомендації щодо подальшого вдосконалення. Запропонований спосіб показав вищі показники точності прогнозування, ніж класичний спосіб, при цьому із мінімальними часовими затримками, що є незначними у рамках даного процесу.
- Також було проведено аналіз існуючого криптовалютного ринку і відповідно: побудовано дерево проблем, визначено зацікавлені сторони, сформовано комерційне рішення; визначено унікальну ціннісну пропозицію; проведено аналіз майбутніх клієнтів; досліджено сегменти ринку споживання, спрогнозовано можливі майбутні доходи та витрати для реалізації та початку введення в експлуатацію даного програмного забезпечення. Як результат, була створена бізнес-модель, що обґрунтовує доцільність створення даного програмного забезпечення із перспективної та матеріальної точок зору.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ



1. XII наукова конференція магістрантів та аспірантів «Прикладна математика та комп'ютинг» ПМК-2020 (Київ, 18-20 листопада 2020 р.).
2. Стаття опублікована у Springer та проіндексована у Scopus, к-сть цитувань - 11.
Lyushenko L., Holiachenko A. Optimization of the Method of Technical Analysis of Cryptocurrency Price Differences Movements. Computer Science, Engineering and Education Applications. 2019. Vol. 1. P. 388-397.
3. Виступ на конференції ICCSEEA2019 на тему «Method of Technical Analysis of Cryptocurrency Price Differences Movements»





ПЕРЕВІРКА UNICHECK



Ім'я користувача:
Люшенко Леся Анатоліївна gmail

ID перевірки:
1005453110

Дата перевірки:
14.12.2020 14:44:03 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
14.12.2020 15:02:52 EET

ID користувача:
91603

Назва документа: Голяченко_1

Кількість сторінок: 70 Кількість слів: 11418 Кількість символів: 88937 Розмір файлу: 1.55 MB ID файлу: 1005741299

1.94%
Схожість

Найбільша схожість: 0.53% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1000799680)

0.38% Джерела з Інтернету

38

Сторінка 72

1.87% Джерела з Бібліотеки

137

Сторінка 72



Дякую за увагу!